

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
Кафедра автоматики и компьютерных систем

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Информационная система поддержки процесса проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата

УДК 004.42

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич		

Руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Кочегурова Елена Алексеевна	к.т.н		

КОНСУЛЬТАНТЫ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры ЭБЖ	Антоневич Ольга Алексеевна	к.б.н		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Зав. кафедрой	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры АиКС	Фадеев Александр Сергеевич	к.т.н		

Томск – 2016 г.

ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ООП

Код результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)
<i>Общепрофессиональные компетенции</i>	
P1	Воспринимать и самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.
P2	Владеть и применять методы и средства получения, хранения, переработки и трансляции информации посредством современных компьютерных технологий, в том числе в глобальных компьютерных сетях.
P3	Демонстрировать культуру мышления, способность выстраивать логику рассуждений и высказываний, основанных на интерпретации данных, интегрированных из разных областей науки и техники, выносить суждения на основании неполных данных, анализировать профессиональную информацию, выделять в ней главное, структурировать, оформлять и представлять в виде аналитических обзоров с обоснованными выводами и рекомендациями.
P4	Анализировать и оценивать уровни своих компетенций в сочетании со способностью и готовностью к саморегулированию дальнейшего образования и профессиональной мобильности. Владеть, по крайней мере, одним из иностранных языков на уровне социального и профессионального общения, применять специальную лексику и профессиональную терминологию языка
<i>Профессиональные компетенции</i>	
P5	Выполнять инновационные инженерные проекты по разработке аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения с использованием современных методов проектирования, систем автоматизированного проектирования, передового опыта разработки конкурентно способных изделий.
P6	Планировать и проводить теоретические и экспериментальные исследования в области проектирования аппаратных и программных средств автоматизированных систем с использованием новейших достижений науки и техники, передового отечественного и зарубежного опыта. Критически оценивать полученные данные и делать выводы.
P7	Осуществлять авторское сопровождение процессов проектирования, внедрения и эксплуатации аппаратных и программных средств автоматизированных систем различного назначения.
<i>Общекультурные компетенции</i>	
P8	Использовать на практике умения и навыки в организации исследовательских, проектных работ и профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, в управлении коллективом.
P9	Осуществлять коммуникации в профессиональной среде и в обществе в целом, активно владеть иностранным языком, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности, в том числе на иностранном языке.
P10	Совершенствовать и развивать свой интеллектуальный и общекультурный уровень. Проявлять инициативу, в том числе в ситуациях риска, брать на себя всю полноту ответственности.
P11	Демонстрировать способность к самостоятельному обучению новым методам исследования, к изменению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, способность самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности, способность к педагогической деятельности.

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Институт кибернетики
Направление подготовки 09.04.01 «Информатика и вычислительная техника»
Кафедра автоматики и компьютерных систем

УТВЕРЖДАЮ:

Зав. кафедрой

(Подпись) _____ (Дата) Фадеев А.С.
(Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ4Г	Асмоловскому Владимиру Валерьевичу

Тема работы:

Информационная система поддержки процесса проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№ 701/с от 04.02.2016 г.

Срок сдачи студентом выполненной работы:	01.06.2016
--	------------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	Объект исследования: процесс проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата; Требования: система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата, разработанная в соответствии с ТЗ на СЧ ОКР
Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов <i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i>	1 Постановка проблемы и анализ существующих решений; 2 Описание объекта исследования; 3 Литературный обзор методов и средств проектирования бортового программного обеспечения; 3 Выбор методов и средств разработки модулей информационной системы; 4 Разработка модулей информационной системы;

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей)	Презентация в формате *.pptx на 15 слайдах.
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы (с указанием разделов)	
Раздел	Консультант
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Конотопский Владимир Юрьевич
Социальная ответственность	Антоневич Ольга Алексеевна
Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:	
– Демонстрация работы приложения	

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	30.12.2015
---	------------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кочегурова Е.А.	К.Т.Н.		30.12.15

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич		30.12.15

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСО-
СБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО
8BM4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	...
---	-----

Нормы и нормативы расходования ресурсов	...
---	-----

Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	...
--	-----

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

Оценка коммерческого и инновационного потенциала НТИ	...
--	-----

Разработка устава научно-технического проекта	...
---	-----

Планирование процесса управления НТИ: структура и график проведения, бюджет, риски и организация закупок	...
--	-----

Определение ресурсной, финансовой, экономической эффективности	...
--	-----

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):

«Портрет» потребителя результатов НТИ
Сегментирование рынка
Оценка конкурентоспособности технических решений
Диаграмма FAST
Матрица SWOT
График проведения и бюджет НТИ
Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НТИ
Потенциальные риски

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
--	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент кафедры менеджмента	Конотопский Владимир Юрьевич	к.э.н		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8BM4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич		

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
8ВМ4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич

Институт	Кибернетики	Кафедра	АиКС
Уровень образования	Магистр	Направление/специальность	Информатика и вычислительная техника

Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:

1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	<i>Работа производилась с использованием персонального компьютера и периферийного оборудования, основными являются следующие операции:</i> - Ввод информации с использованием периферийных устройств; - Считывание информации с монитора; - Установка и настройка аппаратного обеспечения; <i>Областью применения является проектирование бортового программного обеспечения космических аппаратов.</i>
---	---

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Производственная безопасность 1.1. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – физико-химическая природа вредности, её связь с разрабатываемой темой; – действие фактора на организм человека; – приведение допустимых норм с необходимой размерностью (со ссылкой на соответствующий нормативно-технический документ); – предлагаемые средства защиты; – (сначала коллективной защиты, затем – индивидуальные защитные средства). 1.2. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения в следующей последовательности: – механические опасности (источники, средства защиты); – термические опасности (источники, средства защиты); – электробезопасность (в т.ч. статическое электричество, молниезащита – источники, средства защиты); – пожаровзрывобезопасность (причины, профилактические мероприятия, первичные средства пожаротушения).	<i>Недостаточная освещённость рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень электромагнитных излучений; отклонение показателей микроклимата в помещении. (по ГОСТ 12.0.003-74) СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы»</i> <i>Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека;. Источники: компьютеры. Средства защиты: заземление всей орг. техники</i> <i>Пожароопасность. Причины: игнорирование основных правил пожарной безопасности, неисправность электрической проводки, возгорание электроприборов. Профилактические мероприятия: периодическая проверка электроприборов на пригодность, не перегружать электросеть. Первичные средства пожаротушения: пожарная сигнализация, соблюдение норм пожаробезопасности, воздушно-эмульсионные огнетушители.</i>
2. Экологическая безопасность: – защита селитебной зоны – анализ воздействия объекта на атмосферу (выбросы);	<i>Утилизация люминесцентных ламп</i>

– анализ воздействия объекта на гидросферу (сбросы); – анализ воздействия объекта на литосферу (отходы); – разработать решения по обеспечению экологической безопасности со ссылками на НТД по охране окружающей среды.	
3. Безопасность в чрезвычайных ситуациях: – перечень возможных ЧС при разработке и эксплуатации проектируемого решения; – выбор наиболее типичной ЧС; – разработка превентивных мер по предупреждению ЧС; – разработка действий в результате возникшей ЧС и мер по ликвидации её последствий.	<i>Пожар</i> <i>Не допускать нарушение основных правил пожарной безопасности, неисправности электрической проводки и возгорания электроприборов.</i> <i>Принять меры по устранению пожара, вызвать пожарных</i>
4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.	<i>Соблюдать правила работы за персональным компьютером, раскрытые в СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 «Гигиенические требования к ПЭВМ и организации работы» и Инструкции по охране труда при работе на ПК.</i>

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	
---	--

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Учёная степень, звание	Подпись	Дата
Доцент каф. ЭБЖ	Антоневич Ольга Алексеевна	кандидат биологических наук		

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич		

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 129 страниц, 62 рисунка, 12 таблиц, 50 источников, 1 приложение.

Ключевые слова: Бортовое программное обеспечение, жизненный цикл, проектирование, информационная система.

Объект исследования – автоматизация процесса проектирования бортового программного обеспечения космических аппаратов.

Целью работы является разработка информационной системы поддержки процесса проектирования бортового программного обеспечения.

В процессе исследования проводился поиск существующих решений и анализ требований предметной области.

В результате исследования создан прототип информационной системы.

Степень внедрения: разработанная система находится на стадии внедрения в процесс проектирования.

Областью применения является АО «ИСС» или аналогичная компания, где производится проектирование бортового программного обеспечения.

Экономическую эффективность можно оценить только по косвенным признакам, таким как экономия времени на разработку бортового программного обеспечения.

В будущем планируется уделить больше внимания расширению функционала на операции, выполняемые при проектировании на уровне систем и на уровне компонент. Помимо решения задач в рамках проектирования, в будущем, систему возможно использовать в процессе сопровождения изделий.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

CASE-средства – средства автоматизации разработки программ.

DTO – data transfer objects (объекты для передачи данных).

ORM – object-relational mapping (Объектно-реляционное отображение).

АО «ИСС» – АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва

АС – автоматизированная система.

АСПИД – автоматизированная система сопровождения программ, изделий и документов.

БКУ – бортовой комплекс управления.

БПО – бортовое программное обеспечение.

ЖЦ – жизненный цикл.

КСП М2 – кросс-система программирования Модуля-2.

НОК – наземный отладочный комплекс.

ПО – программное обеспечение.

САПР – система автоматизированного проектирования .

СИП – система изготовления программ.

СП ИСПОЛКОМ - система программирования команд управления.

СП РЕАЛ – система программирования макропрограмм интегрального управления.

ТКПП – технологический комплекс производства программ.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	13
1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ	15
1.1 Описание предприятия.....	15
1.2 Описание объекта исследования	16
1.2.1 Организация разработки БПО	16
1.2.2 Разработка бортового программного обеспечения	17
1.2.3 Сопровождение БПО	19
1.2.4 Обеспечение качества БПО	19
1.3 Постановка проблемы.....	20
2 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ.....	24
3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	30
3.1 Автоматизация процесса проектирования БПО	30
3.2 Основные функции системы.....	31
3.2.1 Определение требований к БПО	32
3.2.2 Архитектурное проектирование БПО.....	33
3.2.3 Сопровождение БПО	34
3.3 Выбор и обоснование средств разработки	35
4 РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ	39
4.1 Описание архитектуры системы.....	39
4.1.1 Реализация модели данных ИС	40
4.1.2 Реализация база данных	46
4.1.3 Реализация архитектуры	47
4.2 Демонстрация работы приложения.....	54

4.2.1 Навигация по дереву объектов	56
4.2.2 Управление сущностями САПР БПО	57
4.2.3 Копирование сущностей	63
4.2.4 Управление ресурсами	64
4.2.5 Поиск сущностей	66
4.2.6 Генерация документов.....	67
4.2.7 Настройки программы.....	71
5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ.....	73
5.1 Организация и планирование работ.....	73
5.1.1 Продолжительность этапов работ.....	74
5.1.2 Расчёт накопления готовности проекта.....	79
5.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта	80
5.2.1 Расчёт заработной платы.....	80
5.2.2 Расчёт затрат на социальный налог	81
5.2.3 Расчёт затрат на электроэнергию	82
5.2.4 Расчёт амортизационных расходов.....	83
5.2.5 Расчёт прочих расходов	84
5.2.6 Расчёт общей себестоимости разработки.....	84
5.2.7 Расчёт прибыли	84
5.2.8 Расчёт НДС	84
5.2.9 Цена разработки НИР	85
5.3 Оценка экономической эффективности проекта	85
5.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР	86
6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ.....	88

Введение.....	88
6.1 Производственная безопасность	89
6.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны.....	89
6.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте	94
6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений	95
6.1.4 Отклонение показателей микроклимата в помещении.....	96
6.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.....	97
6.1.6 Возникновение пожара.....	98
6.2 Экологическая безопасность.....	98
6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	99
6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности .	101
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	103
СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА.....	104
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	105
Приложение А	110
4.2 Showcase the application work.....	111
4.2.1 Navigation in a navigation tree.....	112
4.2.2 CAD BS entities Control of	113
4.2.3 Copying of the entity	119
4.2.4 Resource management	120
4.2.5 Search for objects.....	122
4.2.6 Document generation.....	123
4.2.7 Program settings.....	126

ВВЕДЕНИЕ

При разработке любого программного обеспечения необходимо соблюдать определённый жизненный цикл, содержащий все этапы, необходимые для получения конечного результата. Жизненный цикл проектирования и сопровождения бортового программного обеспечения является сложным итеративным процессом, состоящим из большого количества этапов. Повышение эффективности данного процесса в условиях длительного сопровождения БПО и сжатых сроков создания спутников является важной задачей. На каждом этапе проектировщикам БПО требуется обрабатывать и хранить большое количество информации об изделиях, требованиях, наборах компонент, интерфейсах, параметрах и взаимосвязях.

Система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения (САПР БПО) должна исполнять роль информационной системы, хранящей совокупность данных об изделии, требуемых пользователю на этапах определения требований, архитектурного проектирования, тестирования и сопровождения.

САПР БПО должна решать задачи систематизации проектных данных об изделиях, а также задачи хранения, извлечения и изменения данных об объектах, участвующих в процессе проектирования и сопровождения БПО. Система повысит скорость повторного использования информации за счёт обеспечения доступа к данным ранее выполненных проектов, а также упростит процесс внесения изменений на схожих изделиях на этапе сопровождения. Одной из задач САПР БПО является автоматизированное формирование отчётной документации. Пользователю достаточно поддерживать корректную и актуальную версию проектных данных в информационной системе для быстрой генерации документов. Также система позволит формировать различные статистические отчёты.

Система позволит на основе ранее внесённой информации создавать новые проекты, повышая скорость проектирования бортового программного обеспечения за счёт полного или частичного копирования данных с прошлых проектов.

Для разработки информационной системы необходимо выделить несколько задач, таких как:

- Проектирование пользовательских сценариев;
- Проектирование базы данных;
- Проектирование пользовательских интерфейсов;
- Разработка информационной системы;
- Тестирование информационной системы.

1 АНАЛИЗ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ

1.1 Описание предприятия

«АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М. Ф. Решетнёва» (АО «ИСС») – ведущий российский разработчик и производитель спутников связи, телевидения, навигации и геодезии. Примерно 2/3 спутников, входящих в орбитальную группировку России, являются продукцией предприятия. [1]

Компания является одной из лидирующих в космической отрасли не только в России, но и в мире. Спутники «ИСС» поддерживают независимость государства и национальную безопасность, развивают информационную структуру России.

Основное направление компании – это производство и разработка геостационарных телекоммуникационных космических аппаратов, обеспечивающих теле- и радиовещание, телефонию, видеоконференцсвязь, доступ к сети интернет. Также уделяется внимание спутникам-ретрансляторам, которые позволяют связываться с низколетящими объектами ракетно-космической техники и Международной космической станцией. [2]

Компания не только проектирует и изготавливает космические аппараты, а также их составные части, но и занимается созданием наземных комплексов управления спутниками. При этом АО «ИСС» уделяет пристальное внимание научно-исследовательской деятельностью в области создания космической техники. [3]

Космические аппараты состоят из большого числа аппаратных и программных компонентов, за создание каждого из которых отвечает отдельное подразделение предприятия. Только качественная совместная работа всех подразделений может обеспечить эффективное функционирование конечного

изделия в экстремальных условиях космического пространства на протяжении всего срока эксплуатации (который зачастую составляет около 20 лет).

Данная работа выполнялась для нужд отдела проектирования и разработки бортового программного обеспечения космического аппарата.

1.2 Описание объекта исследования

В качестве объекта исследования рассмотрен процесс разработки и сопровождения бортового программного обеспечения космического аппарата в компании ОАО «ИСС».

На предприятии действует следующий жизненный цикл бортового программного обеспечения.

- организация разработки БПО;
- разработка БПО, которая включает в себя следующие этапы:
 - 1) определение требований к БПО;
 - 2) архитектурное проектирование БПО;
 - 3) разработка и автономное тестирование ПО системы;
 - 4) интеграция БПО;
 - 5) системное тестирование ПО системы;
 - 6) системное тестирование БПО;
 - 7) изготовление БПО;
- сопровождение БПО;
- обеспечение качества БПО;

1.2.1 Организация разработки БПО

Этап определяет ответственных за различные этапы производства БПО, распределяет часть обязанностей по различным отделам. При организации определяется как вид документации, так и происходит планирование разработки. В тоже время на данном этапе определяются и чисто технические решения, такие как определение технологий разработки и сопровождения БПО.

На данном шаге решаются административные задачи, назначаются ответственные за соблюдение каждого последующего этапа, решаются самые общие технические вопросы (выбор технологии разработки).

1.2.2 Разработка бортового программного обеспечения

Этап составляет большую часть жизненного цикла, и, в связи с этим, разбит на более мелкие разделы.

1.2.2.1 Определение требований к БПО

Этап необходим для определения требований и структуры бортового программного обеспечения, выполняется подробное определение следующих частей:

- аппаратно-программной среды функционирования БПО;
- требований и программных интерфейсов (требований функциональных и нефункциональных);
- распределение ресурсов бортового компьютера.

1.2.2.2 Архитектурное проектирование БПО

На этапе происходит разработка архитектурных проектов программного обеспечения систем, включающая следующие действия:

- определение функциональных и иных требований к ПО систем;
- определение компонент ПО систем (логики работы, функций и интерфейсов);
- уточнение требований к ПО систем, определённых на прошлом этапе.

1.2.2.3 Разработка и автономное тестирование ПО системы

Этап содержит следующие действия для каждой отдельной компоненты программного обеспечения системы:

- разработка программы ПО системы, определённой ранее;
- программирование модулей входных данных для ПО системы;
- подготовка ПО системы к сборке и интеграции в состав БПО.

1.2.2.4 Интеграция БПО

Назначением этапа является получение исполнимого кода БПО (для проведения системного тестирования) и тестирование интеграции БПО. На этапе выполняются следующие действия:

- сборка БПО – объединение компонентов ПО систем и получение исполнимого кода БПО;
- тестирование интеграции БПО;
- окончательная оценка реализуемости БПО в части занимаемого объёма памяти;

1.2.2.5 Системное тестирование ПО системы

Этап состоит из следующих действий:

- проектирование системного тестирования системы и разработка программ и методик тестирования ПО системы;
- разработка процедур автоматизированного проведения системного тестирования на основе разработанных методик и программ;
- тестирование и отладка ПО системы на наземном отладочном комплексе.

1.2.2.6 Системное тестирование БПО

Этап является логическим продолжением предыдущего и состоит из системного тестирования всего бортового программного обеспечения в целом и повторяет все действия из прошлого этапа, но в больших масштабах и тестирует взаимосвязь различных частей программного обеспечения систем.

1.2.2.7 Изготовление БПО

На этапе выполняются следующие действия:

- выпуск итоговой документации разработки БПО;
- подготовка выпуска БПО и изготовление штатных машинных носителей БПО.

1.2.3 Сопровождение БПО

Сопровождение ПО систем начинается после завершения системного тестирования и продолжается до прекращения эксплуатации космического аппарата.

Этап состоит из следующих действий:

- анализ проблем и несоответствий, возникающих при испытаниях и эксплуатации космического аппарата, подготовка и принятие решений по их устранению;
- доработка и повторное автономное тестирование программ ПО систем и документации;
- повторное системное тестирование ПО систем;
- изготовление БПО.

На текущем шаге определяются ответственные за доработку различных компонентов БПО.

1.2.4 Обеспечение качества БПО

Обеспечение качества БПО – составная часть обеспечения качества космического аппарата. На этапе определяются ответственные за каждую составную часть бортового программного обеспечения, методологии обеспечения качества, которые должны обладать следующими принципами:

- БПО разрабатывается как встроенное (в техническую систему) ПО, структурно состоящее из совокупности ПО систем космического аппарата, функционально входящих в состав этих систем;
- функциональные требования к ПО систем космического аппарата определяются на уровне соответствующих систем и подтверждаются при отработке этих систем;
- ПО системы космического аппарата проектируется и разрабатывается как часть системы космического аппарата с использованием интерфейсов и средств, предоставляемых ПО БКУ;

- вопросы интеграции БПО рассматриваются и реализуются в ПО БКУ и подтверждаются при отработке БКУ, ПО БКУ, ПО систем;
- БПО разрабатывается по единой технологии и функционирует в единой аппаратно-программной среде, предоставляемой БКУ и ПО БКУ;
- БПО поставляется и эксплуатируется в составе БКУ космического аппарата.

Все перечисленные этапы жизненного цикла должны выполняться строго друг за другом. Во время всех этапов жизненного цикла происходит разработка большого количества различных документов, без части которых невозможен переход с одного этапа на другой.

1.3 Постановка проблемы

Процесс производства бортового программного обеспечения на предприятии выполняется за счёт средств технологического комплекса производства программ бортового программного обеспечения (ТКПП БПО) космических аппаратов (Рисунок 1).



Рисунок 1 – Технологический комплекс производства программ БПО

В настоящее время в составе ТКПП БПО используются следующие средства:

- кросс-система программирования Модуля-2 (КСП М2), позволяющая на текущий момент создавать БПО для трёх типов бортовых компьютеров. Основным её преимуществом является возможность заимствования ПО спутников последнего поколения на спутники с разными бортовыми компьютерами, в том числе на спутники, уже находящиеся в эксплуатации;
- система программирования команд управления (СП ИСПОЛКОМ), предназначенная для создания блоков команд управления спутником;
- система программирования макропрограмм интегрального управления (СП РЕАЛ), предназначенная для создания макропрограмм интегрального управления спутником;
- наземный отладочный комплекс БПО (НОК БПО), позволяющий проводить системное тестирование реального БПО спутника с использованием создаваемой для каждого спутника программной модели;
- система изготовления программ БПО (СИП БПО), автоматизирующая процесс сборки и изготовления БПО как для этапа системного тестирования, так и для перепрошивки БПО эксплуатируемых спутников;
- автоматизированная система сопровождения программ, изделий и документов БПО (АСПИД), выполняющая задачи по управлению конфигурацией БПО – процедуры управления работами, объектами и проблемами БПО, а также задачи создания и использования электронного архива сопровождения БПО.

Несмотря на то, что используемая технология решает все вопросы разработки и сопровождения БПО спутников, создаваемых АО «ИСС», в процессе создания БПО продолжают существовать определённые «узкие» места. Одним из таких «узких» мест является процесс проектирования БПО так как этот процесс не автоматизирован. В тоже время он ключевой с точки

зрения стоимости внесения исправлений в разработанное БПО на более поздних этапах его жизненного цикла. Выявление ошибок в процессе отладки БПО приводит к необходимости возврата на предыдущие этапы проектирования и повторения проверки изменённой версии программы.

Процесс проектирования строится на возможности повторного использования информации из документации по предыдущим проектам, а также на основе различных сводных таблиц и вспомогательных документов, разрабатываемых проектантом исходя из его личного опыта. В то же время следует отметить, что в архитектурном формировании БПО принимает участие более 40 типов различных программных объектов, при этом их суммарное количество на одно изделие достигает миллиона. Эти объекты находятся в непосредственной связи друг с другом и, как следствие, изменение одного объекта влияет на изделие целиком. Помимо наличия иерархических зависимостей объектов в рамках одного изделия, при разработке БПО часто возникают зависимости между изделиями. Эти зависимости возникают при заимствовании объектов или даже целых подсистем из других изделий (при условии их однотипности). Такие зависимости влекут за собой целый ряд проблем – при возникновении ошибки или внесении изменений в часть объектов одного изделия требуется отследить изделия, в которых использовалось то же решение, т. е. существует зависимость между изделиями.

Вся совокупность исходной и текущей информации о БПО хранится в разрозненных бумажных и электронных документах. Это приводит к сложности поиска требуемых данных, их корректировки и отслеживания результатов вносимых изменений. Процесс проектирования БПО сильно зависит от единственного человека – проектанта БПО. Как правило, подсистемы, из которых состоит изделие, разделяются между проектантами, и каждый несёт ответственность только за свою подсистему. На каждом этапе проектантам БПО требуется обрабатывать и хранить большое количество информации об изделиях, требованиях, наборах компонент, интерфейсах, параметрах и взаи-

мосвязях. На этапе сопровождения, связанном с поддержкой различных версий БПО, своевременным исправлением ошибок и выпуском новых версий, требуется получать и изменять данные о связях компонент по версиям и изданиям, а также о зависимостях параметров. [4]

В связи с описанными проблемами становится очевидно, что автоматизация процесса проектирования бортового программного обеспечения приведёт к уменьшению временных затрат на исправление ошибок и в целом увеличит качество работы проектантов.

Несмотря на актуальность описанной проблемы, а также повсеместное применение бортового программного обеспечения прямых аналогов в отечественной и зарубежной литературе не найдено. Данная ситуация может быть объяснена несколькими причинами:

Уникальность решений – если программный продукт для автоматизации существует, то он разрабатывается под нужды конкретной компании, и не выходит на открытый рынок.

Недостаток анализа деятельности в компаниях – решение не существует, так как компании, в них заинтересованные, не уделяют достаточно внимания проблемам, описанным выше.

Закрытость предметной области – решения, нацеленные на сферу разработки бортового программного обеспечения, не попадают в открытый доступ, так как они публикуются и продвигаются только на соответствующих закрытых конференциях, собраниях и т.д.

2 АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ

Тема проектирования программного обеспечения поднималась в большом количестве научных работ, по ней написаны книги и работы различных уровней и её следует рассматривать с введения такого понятия, как жизненный цикл программного обеспечения.

Жизненным циклом является период времени, который начинается с момента принятия решения о необходимости создания программного продукта и заканчивается в момент его полного изъятия из эксплуатации. [5]

Стоит отметить, что на жизненный цикл программного обеспечения существует несколько стандартов, таких как ГОСТ 34.601-90 [6] и ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207 [7], идентичный международному стандарту ISO/IEC 12207:2008 «System and software engineering — Software life cycle processes». [8]

Международный стандарт не даёт точных границ жизненного цикла и ограничивается лишь общим списком действий и задач, необходимых для достижения желаемого результата и группировкой видов деятельности в семь групп процессов:

- процессы соглашения;
- процессы организационного обеспечения проекта;
- процессы проекта;
- технические процессы;
- процессы реализации программных средств;
- процессы поддержки программных средств;
- процессы повторного применения программных средств.

Со стороны точных рекомендаций интереснее представлены стадии создания автоматизированной системы (АС), рассматриваемые в вышеупомянутом ГОСТ 34.601-90.

- а) Формирование требований к АС;
- б) Разработка концепции АС;
- в) Техническое задание;
- г) Эскизный проект;
- д) Технический проект;
- е) Рабочая документация;
- ж) Ввод в действие;
- з) Сопровождение АС.

Здесь представлена жёсткая последовательность стадий разработки информационной системы, и, по сути, она предлагает к использованию модель жизненного цикла программного обеспечения, которая известна как каскадная схема или модель водопад, одна из её вариаций представлена на рисунке 2.



Рисунок 2 – Каскадная схема разработки программного обеспечения

Как отмечает Братищенко в «Проектирование информационных систем» [9] такой подход имеет несомненные достоинства:

- Управляемое построение ИС.
- Развитие ИС в соответствии с определёнными функциями и бюджетом.

Но обладает существенными недостатками:

- Избыток согласующей документации.
- В начале разработки предполагается идеальный прогноз будущей ситуации.

Такой процесс замедляет появление конечного продукта, так как нахождение ошибок на поздних этапах ведёт к существенному пересмотру всего проекта и не позволяет оперативно вносить изменения. Также такая модель не позволяет конечному пользователю воспользоваться продуктом разработки до самого последнего этапа.

Далее исторически появилась другая модель жизненного цикла, как её обозначает Грекул в «Проектирование информационных систем» [10] поэтапная модель с промежуточным контролем (также известна в других источниках, как итерационная модель), её схема представлена на рисунке 3.



Рисунок 3 – Поэтапная модель с промежуточным контролем

В такой модели разработка ведётся итерациями, и возможен возврат из поздних этапов в ранние. Это позволяет более оперативно реагировать на изменения требований к проекту и исправлять возникающие ошибки. Каждый из этапов растягивается на весь период разработки. Данная модель всё ещё не обладала необходимой гибкостью и не была достаточно популярна, на её замену пришла спиральная модель жизненного цикла.

Спиральная модель, предложенная Барри Боэмом, представлена на рисунке 4.

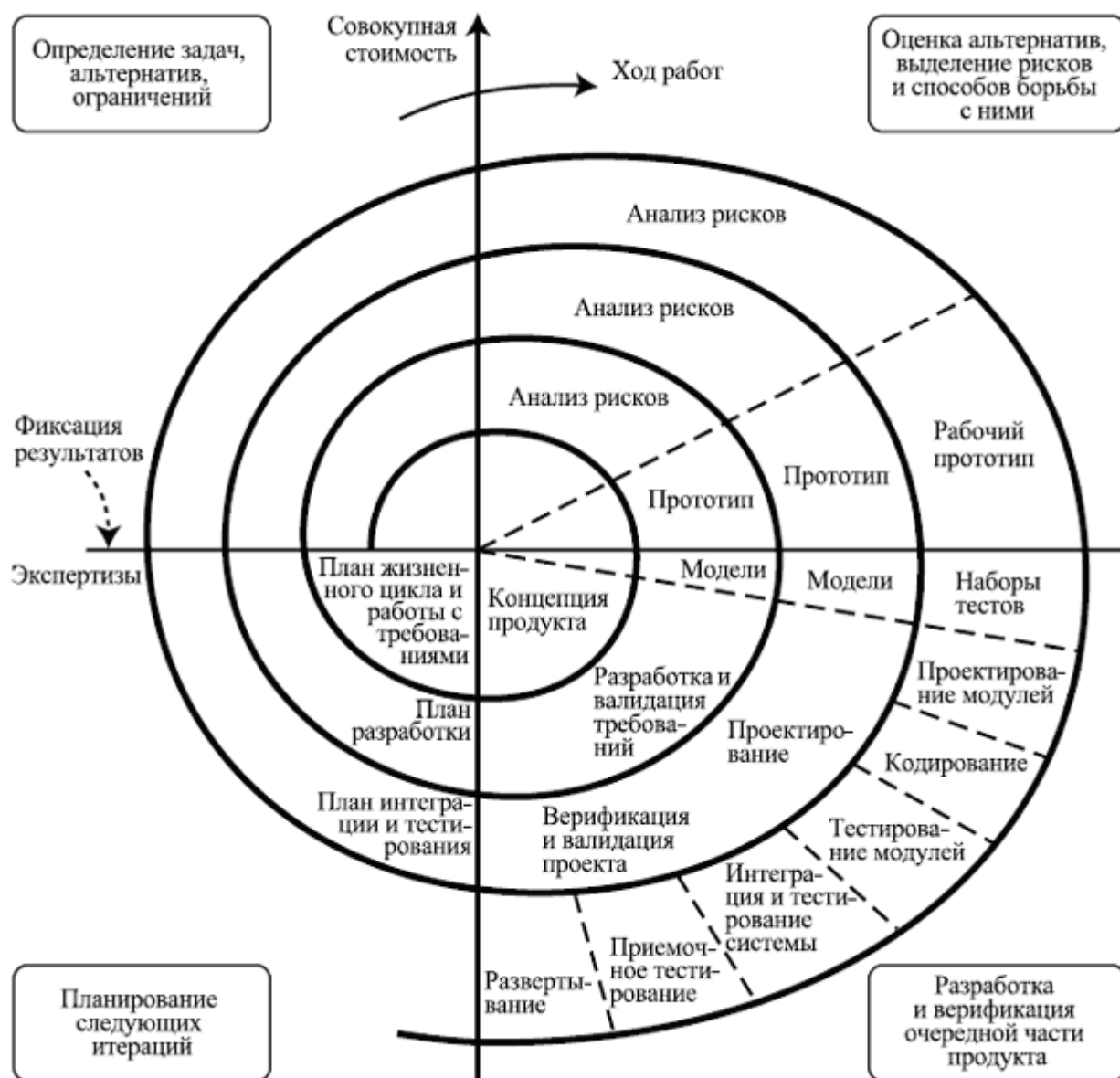


Рисунок 4 – Спиральная модель жизненного цикла

Данная модель позволяет иметь на каждом этапе работоспособный продукт, что даёт возможность оперативно реагировать на изменение требований, появлений новых задач и исправлять найденные ошибки. Кроме описанных моделей существуют ещё различные модели, такие как «Разработка через тестирование», «Инкрементальная модель» и так далее.

При разработке бортового программного обеспечения логичным является использование каскадной модели жизненного цикла в связи с тем, что

плюсы, связанные с данной моделью перевешивают минусы. При разработке бортового программного обеспечения необходимо очень строго соблюдать и проверять качество выполнения на каждом этапе, а внести изменения на этапе сопровождения очень трудно. При этом плюсы такого подхода, в виде наличия документации на каждый этап и возможности точно предсказать даты окончания каждого этапа очень хорошо подходят для данной предметной области.

Во всех вышеописанных моделях и стандартах выделяется этап проектирования и определение требований, которые являются неотъемлемой частью процесса разработки программного продукта.

Сам процесс проектирования ставит целью определение свойств проектируемой системы исходя из выданных требований (исходных данных). Изначально будущая программа рассматривается как чёрный ящик, то есть обладает только входами и выходами. При этом сам процесс проектирования и его результат сильно зависит от проектировщика.

Проектирования подлежат как самые верхние уровни системы – её архитектура, так и то, как будет в дальнейшем выглядеть интерфейс. [11]

Процесс проектирования может быть как «ручным», так и с использованием различных средств автоматизации процесса. Такие средства носят название «Средства автоматизации разработки программ» (CASE-средства, Computer-Aided Software Engineering).

CASE-средствами называют инструменты автоматизации не только проектирования, но и разработки программного обеспечения. Основной целью CASE-технологии является разграничение процесса проектирования программного обеспечения от процесса написания кода и всех дальнейших этапов разработки.

Средства автоматизации позволяют использовать два принципиально различных подходов к проектированию:

Структурный – предполагает разбиение всех задач до атомарных функций, с подробным описанием их взаимодействия. При этом используются некоторые методологии, такие как ERD (Entity-Relationship Diagrams), DFD (Data Flow Diagrams) и SADT (Structured Analysis and Design Technique). Этот подход позволяет построить упорядоченную иерархию функций.

Объектно-ориентированный – предполагает описание всей системы с помощью языка UML, на основе чего строится представление о проектируемой системе. [12]

CASE-средства позволяют не только проектировать все функции разрабатываемой системы, но, и, с помощью генерации кода, формировать готовые классы для программистов или же, с помощью средств документирования, генерировать необходимую документацию.

3 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

3.1 Автоматизация процесса проектирования БПО

Несмотря на то, что технологический комплекс производства программ БПО содержит поддержку большей части жизненного цикла, он не включает этапы проектирования и определения требований к ПО систем. Это может являться как причиной возникновения ошибочных, неточных или неактуальных данных, так и существенного затруднения и замедления процесса разработки БПО.

Это позволяет говорить о ТКПП лишь как о комплексе программных средств поддержки создания и сопровождения бортового программного обеспечения спутников связи и навигации. Автоматизация этапа проектирования жизненного цикла БПО за счёт создания и использования специальной автоматизированной САПР приводит к созданию качественно новой организации программных средств, в которой пользователь получает разнообразную информацию из различных источников данных. Это позволит сократить организационные барьеры между различными структурными подразделениями за счёт оперативного обмена электронными данными, а также исключить временные и трудовые затраты на бумажный документооборот.

Очевидно, что для решения возникшей проблемы требуется дополнение существующего ТКПП специальной информационной системой поддержки процесса проектирования, позволяющей не только полностью охватить и автоматизировать задачи этого процесса и повысить его эффективность, но и служить источником информации для остальных средств ТКПП.

На рисунке 5 представлен технологический комплекс производства программ БПО с внедрённой системой автоматизированного проектирования БПО.



Рисунок 5 – ТКПП БПО с внедрённым САПР БПО

Внедрение САПР БПО в процесс разработки БПО позволит отказаться от «ручного» проектирования на основе документов и использовать общепринятый подход к проектированию на основе «прототипирования» данных о выполненных ранее проектах, хранящихся в системе автоматизированного проектирования. Таким образом, во главе ТКПП БПО будут находиться данные, а документы лишь создаваться на основе этих данных в автоматизированном режиме. Основным предназначением САПР БПО является обеспечение систематизированного хранения, накопления и совместного использования большого объема данных о проектируемом изделии с использованием централизованной базы знаний. [4]

3.2 Основные функции системы

В рамках внедрения САПР БПО в ТКПП должно обеспечиваться выполнение следующих функций:

- структурированное представление, хранение, извлечение и изменение данных об изделиях, требованиях, наборах компонент, интерфейсах, параметрах и взаимосвязях;
- выполнение проектирования на уровне изделия, систем и компонент;
- установление взаимосвязей требований архитектуры БПО конкретного спутника и библиотек унифицированных компонент;
- возможность выявления зависимостей при внесении изменений в архитектуру БПО;
- автоматизированное формирование отчётных данных;
- автоматизированный выпуск проектной документации БПО.

В жизненном цикле разработки и сопровождения БПО каждого изделия САПР осуществляет поддержку на этапе определения требований к БПО, архитектурного проектирования и сопровождения БПО.

3.2.1 Определение требований к БПО

Назначением этапа является определение структуры и требований к БПО. На этапе выполняются следующие действия:

- определение состава БПО. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения перечня «Систем».
- определение структуры БПО. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения перечня «Программ» для каждой «Системы».
- определение аппаратно-программной среды функционирования БПО. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения перечня типов ресурсов на «Платформу» (если они не заданы ранее), а также заполнения диапазонов ресурсов на изделие.
- определение требований и интерфейсов:

1) функциональных требований к ПО систем. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения перечня «Функциональных требований» к «Системам».

2) нефункциональных требований к БПО и ПО систем. В рамках САПР БПО не автоматизируется, выполняется путём заполнения разделов, посвящённых нефункциональным требованиям, в шаблоне ИД на БПО.

3) интерфейса со средой программного функционирования (операционной системой) и средой программного управления ПО БКУ. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения атрибута «Внешняя функция» объекта «Компонента».

4) интерфейса с бортовой и наземной аппаратурой по каналам информационного обмена и с устройствами БК. В рамках САПР БПО не автоматизируется, выполняется путём заполнения разделов, посвящённых интерфейсам с бортовой и наземной аппаратурой, в шаблоне ИД на БПО.

5) межсистемных программных интерфейсов. В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения и согласования перечня «Межсистемных связей» к «Системам».

– распределение ресурсов БК (памяти, машинного времени) и программных ресурсов БКУ (программной ТМ и т.д.). В рамках САПР БПО выполняется путём заполнения перечня «Диапазонов ресурсов на систему» к каждой «Системе».

3.2.2 Архитектурное проектирование БПО

Назначением этапа является разработка архитектурных проектов ПО систем. На этапе выполняются следующие действия:

- определение функциональных требований к ПО систем. В рамках САПР БПО выполняется путём дополнения перечня «Функциональных требований» к «Системам».
- определение компонент ПО систем (функций, интерфейсов и логики работы). В рамках САПР БПО выполняется путём дополнения данных в «Компонентах».
- оценка реализуемости ПО систем (функций и ресурсов БК и БКУ). В рамках САПР БПО не автоматизируется, выполняется путём заполнения разделов, посвящённых оценке реализуемости, в шаблоне АП.
- уточнение требований к ПО систем (по функционированию, межсистемных программных интерфейсов, распределения ресурсов БК и программных ресурсов БКУ). В рамках САПР БПО уточнение требований производится аналогично заполнению.

3.2.3 Сопровождение БПО

Поддержка сопровождения БПО в САПР БПО достигается путём структурированного представления данных и наличием удобного интерфейса для модификации этих данных.

С помощью инструмента «Распределение ресурсов» возможно удобное перераспределение в процессе эксплуатации КА. Проектант, ответственный за ПО БКУ, имеет возможность в «одном окне» отредактировать бюджеты ресурсов, используемых всеми ПО системами.

Использование инструмента «Функциональные требования» для создания, удаления, редактирования и возможность сопоставления требований с объектами разработки позволяет поддерживать матрицу трассируемости в актуальном состоянии. Отображение текущего состояния матрицы трассируемости также предусмотрено в САПР БПО.

При доработках БПО в процессе эксплуатации КА имеется возможность поддерживать в актуальном состоянии информацию о модулях, входящих в ПО систем: название, описание, наименование, состав и версии исходных файлов, входящих в модули, а также сопоставление модулей с фазами.

При необходимости возможно автоматизированное формирование документов «ИД на БПО» и архитектурных проектов ПО систем на основе актуализированных данных из САПР БПО.

3.3 Выбор и обоснование средств разработки

В настоящее время разработка корпоративных приложений и информационных систем для автоматизации различных бизнес-процессов является приоритетным направлением для многих компаний. Эти приложения могут охватывать всё предприятие, либо предназначаться для отдельной группы сотрудников. Для разработки информационных систем существует множество средств, способных обеспечить весь описанный функционал. Согласно проведённому анализу, программное обеспечение, используемое пользователями в ходе работы, ориентировано на операционные системы семейства Windows, следовательно, отсутствует необходимость реализации кроссплатформенного приложения. В этом случае идеальным вариантом является использование платформы Microsoft .NET – это среда выполнения приложений, предлагающая не только унификацию процессов разработки и выполнения, но и обширную библиотеку классов, которая обеспечивает широкие возможности по разработке настольных приложений с графическим интерфейсом и работе с базами данных. Можно выделить следующие преимущества платформы .NET: [13]

- минимизация конфликтов при развёртывании программного обеспечения и управлении версиями;
- гарантия безопасного выполнения кода, за счёт присваивания компонентам степеней доверия;

- уменьшение количества проблем с производительностью, за счёт средств автоматического управления памятью и контролем над выполнением потоков;

- обеспечение единых принципов разработки приложений;

- наличие развитого сообщества, богатой документации.

В рамках платформы Microsoft.NET существует набор специализированных средств, предназначенных для реализации требуемого функционала информационной системы.

Во время разработки использовались актуальные версии .NET платформы (4.5) и языка разработки C# (6.0).

Для разработки использовались типовые для данного решения инструменты:

- Visual studio 2015 – популярная интегрированная среда разработки, разрабатываемая Microsoft, и содержащая всё необходимое для удобной разработки .NET приложений. [14]

- SQL Server Management Studio – утилита для конфигурирования, управления и администрирования всех компонентов Microsoft SQL Server. [15]

- SourceTree – графический интерфейс для работы с Git и Mercurial. [16]

При разработке САПР БПО использован набор сторонних библиотек из менеджера свободно распространяемых пакетов NuGet. Далее приведён перечень используемых пакетов их краткое описание. [17]

AutoMapper – инструмент для преобразования объект-объект, позволяет уменьшить количество излишнего кода, необходимого для выполнения преобразования из одного типа объектов в другой. [18]

CommonServiceLocator – библиотека содержит общий интерфейс сервис локатора. [19]

DocumentFormat.OpenXML – неофициальный пакет для работы с Microsoft Open XML SDK 2.5. [20]

Entity Framework – технология доступа к данным, являющаяся объектно-реляционным отображением (Object-Relational Mapping, ORM), разработанным Microsoft, как и все ORM решения позволяет работать с реляционными данными используя обычные классы, и специально обозначенный способ соотношения сущности в базе данных и в коде. Если сравнивать данное ORM решение с другими, например, NHibernate, то основным преимуществом EF является наличие визуального редактора связей. Основные показатели производительности данных ORM-решений находятся приблизительно на одном уровне. [21]

Mehdime.Entity – набор классов для удобного и гибкого управления экземплярами контекстов данных для приложений использующих Entity Framework. [22]

Microsoft.WindowsAPICodePack – библиотека для удобного доступа к некоторым API-функциям Windows. [23]

MvvmLightLibs – библиотека, упрощающая реализацию подхода MVVM в WPF приложениях. Кроме необходимых реализаций интерфейсов INotifyPropertyChanged ICommand содержит большое количество вспомогательных классов и функций, например, реализацию шаблона посредник, который позволяет организовать обмен сообщениями по всему приложению. Также данная библиотека содержит реализацию событий на уровне XAML разметки, что позволяет использовать их с подходом MVVM. [24]

NLog – платформа для ведения логов приложения, обладающая широкими возможностями для форматирования и управления процессом журналирования. [25]

OpenXmlPowerTools – библиотека для расширенной работы с Open XML, добавляющая полезные возможности к стандартной библиотеки, такие как упрощение внутренней структуры документов, преобразование одного типа документа в другой и многое другое. [26]

Unity Container – популярный контейнер для внедрения зависимостей и реализации принципа инверсии управления. [27]

Также при разработке использованы иконки из свободно распространяемого сборника FatCow Farm-Fresh.

4 РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

4.1 Описание архитектуры системы

САПР БПО реализована на основе трёхзвенной архитектуры, которая свойственна большинству информационных систем. Согласно данной архитектуре предполагается наличие трёх компонентов: клиентского приложения, сервера приложений и сервера базы данных, с которым работает сервер приложений. Клиент представляет собой приложение с графическим интерфейсом, разработанным на платформе .NET с использованием технологии WPF. Сервер приложений реализован в виде набора WCF сервисов на платформе .NET и содержит в себе большую часть бизнес-логики. Сервер базы данных обеспечивает хранение данных и представляет собой реляционную СУБД Microsoft SQL Server 2012. На рисунке 6 представлено схематичное представление трёхзвенной архитектуры.



Рисунок 6 – Архитектура системы

Далее приведены отличительные особенности трёхзвенной архитектуры:

- масштабируемость – возможность расширять количество пользователей информационной системы, пропорционально увеличению ресурсов сервера;
- конфигурируемость – изолированность уровней друг от друга, что позволяет быстро и простыми средствами переконфигурировать систему при возникновении сбоев или при плановом обслуживании на одном из уровней;

- высокая безопасность -возможность обеспечения более тонкого контроля безопасности всей системы, применяя различные подходы на каждом уровне;
- отказоустойчивость – использование физического разделения уровней позволяет снизить вероятность нарушения функционирования всей системы;
- низкие требования к скорости канала (сети) между клиентами и сервером приложений;
- низкие требования к производительности и техническим характеристикам клиентов;
- невозможность локальной работы (необходимо постоянное подключение к серверу).

4.1.1 Реализация модели данных ИС

В связи со структурой предметной области проектирования бортового программного обеспечения и необходимого функционала разработке модели данных было уделено пристальное внимание. Модель данных обладает определённой иерархичностью, что связано с тем, что в области проектирования космических аппаратов существуют логическая зависимость между различными сущностями. Такую иерархию можно проследить на самых первых уровнях, например, «Платформа» включает «Темы», которые включают «Изделия», каждое из которых содержит множество «Систем».

Модель содержит также иерархию ресурсов, напрямую связанную с иерархией сущностей. Сущности первых уровней позволяют манипулировать с типами ресурсов, что ограничивает выбор в изделиях и системах. Модель представлена на рисунке 7

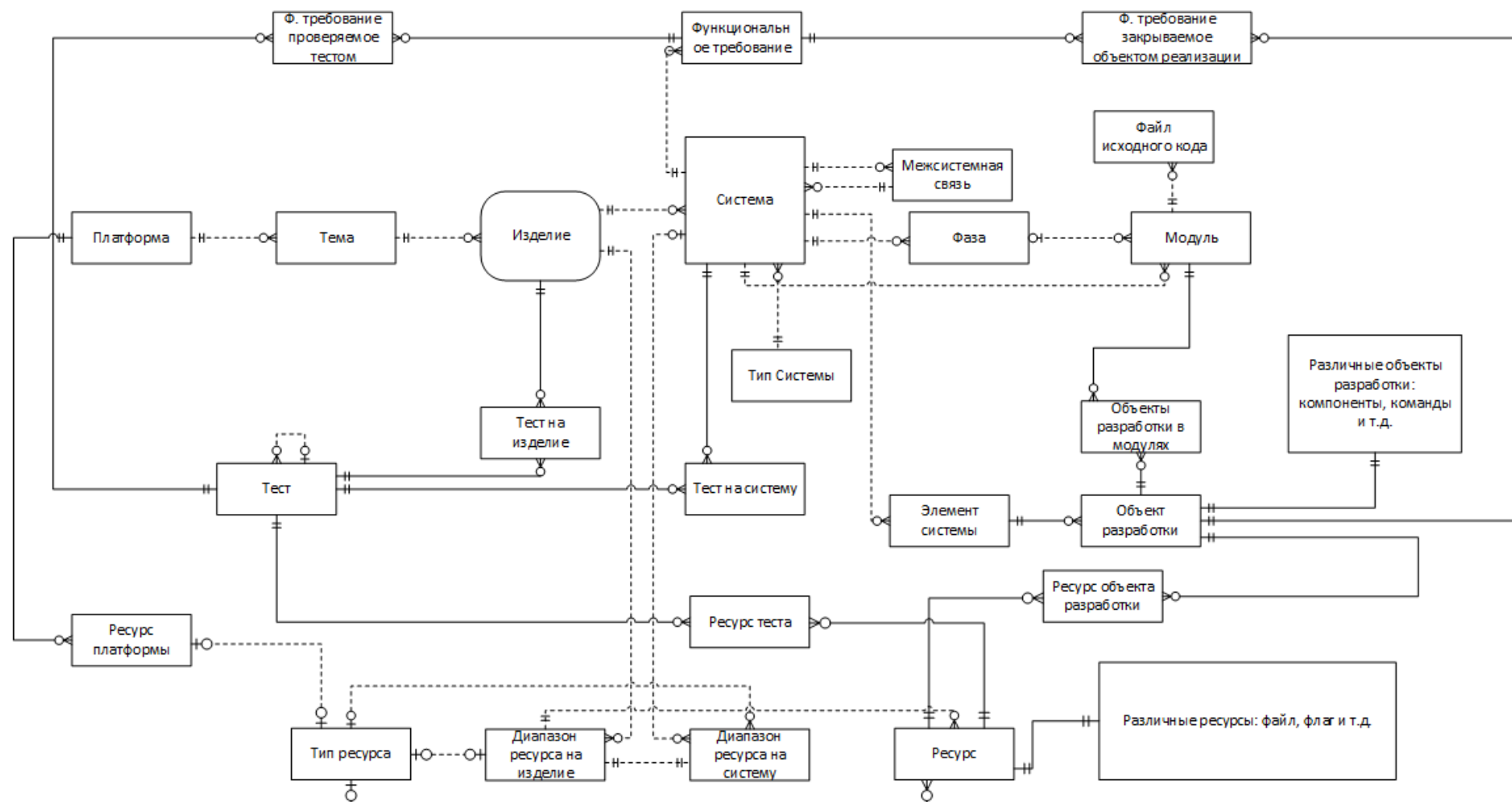


Рисунок 7 – Модель данных информационной системы

- Платформа («Platform») – совокупность тем, объединённых по некоторому признаку. Для ПО БКУ обычно совпадают с вычислительной платформой, т.е. привязаны к типу бортового компьютера.

- Тема («Theme») – объект, в рамках которого производится разработка космического аппарата (одного или нескольких).

- Изделие («Satellite») – космический аппарат, разработанный в рамках определённой темы. Содержит в себе информацию о том, какие приборы используются в изделии, в каких режимах функционирует изделие.

- Система («Syst») – конкретная система, входящая в состав космического аппарата, содержащий перечень аппаратуры, принадлежавшей системе и список режимов системы.

- Тип системы («SystType») – определяет общие атрибуты для каждой системы в составе космического аппарата, содержит идентификатор программного обеспечения системы и флаги, обозначающие наличие программ, команд и макропрограмм.

- Межсистемные связи («InterSystLink») – определяет согласованность между двумя системами.

- Фаза («ExecutableFile») – непрерывная область памяти, содержащая готовую к исполнению программу (часть программы). В данной сущности можно указать адреса ПЗУ и ОЗУ и их выделенный размер на каждую фазу.

- Модуль («Module») – файл, использующийся в виде контейнера, хранящего файлы исходного кода.

- Файл исходного кода («SourceFile») – содержит информацию о файле исходного кода, его тип и название.

- Элемент системы («SystElement») – логическое объединение файлов исходного кода в один объект.

Кроме основных сущностей в базе представлены другие сущности, такие как тесты. Тест («Test») – содержит предназначение тестов и условие

их применения. Для данного объекта существуют вспомогательные таблицы, реализующие связь «многие-ко-многие» тест на систему («TestSyst») и тест на изделие («TestSatellite»).

Также есть сущность Функциональное требование («Requirement»), подобная тестам, которая тоже нуждается в двух дополнительных таблицах функциональное требование, закрываемое объектом реализации («RequirementImplObject») и функциональное требование, проверяемое тестом («RequirementTest»).

В системе существует две большие категории сущностей, составленных по похожему принципу – «базовая» информация и множество дополняющих её потомков.

Одна из таких категорий это объект разработки («ImplObject»), которая описывает абстрактную сущность, хранящую общие атрибуты объектов разработки. К общим атрибутам относится название и описание. Её потомки перечислены далее:

- Компонента («Component») – минимальная единица проектирования программного обеспечения, содержит список функций, условия применения, действия и различные временные параметры. Также данная сущность ссылается на тип компоненты («ComponentType»), который определяет тип разрабатываемой компоненты. Типы компонент не изменяются, они перечислены далее: задача (с параметрами, на данных), системная задача, обработчик исключений, функция, системная функция, внешняя функция
- Входные данные («InputData») – входные данные для объекта разработки, их значения и структура.
- Область связи («CommunicationArea») – аналогично входным данным содержит области связи, их значение и структуру.
- Команда («CommandObj») – последовательность действий, исполняемых на космическом аппарате.

- Группа ФОТИ («MacroFoti») – алгоритмы регистрации и накопления статусной информации.
- Группа СЕАНС («MacroSeans») – алгоритмы автономного управления.
- ВТС диагностики («MacroDiag») – алгоритмы автономного контроля.

Объект разработки также содержит связь «многие-ко-многим», которая выражается в таблице объекты разработки в модулях («ModuleImplObject»).

Другой группой сущностей являются ресурс («Resource»), которые являются основой множества сущностей-потомков. Данная таблица также содержит тип ресурса («ResourceType») – она содержит описание, название, единицу измерения, шаг и систему счисления множества однотипных ресурсов. Далее перечислены сущности, расширяющие ресурсы.

- Адрес ОУ МКО («ResAddressOu») – общий адрес прибора (ОУ – оконечное устройство) на шине МКО (мультиплексный канал обмена).
- Команда («ResCommand») – заранее заданная последовательность действий для выполнения некоторой задачи, обычно довольно короткая.
- Константа («ResConst») – именованное значение, используемое в коде.
- Поле («ResField») – выделенная область памяти, обычно имеющая некоторую внутреннюю структуру.
- Файл («ResFile») – выделенная область в памяти.
- Флаг («ResFlag») – средство синхронизации межзадачного взаимодействия.
- Сигнал прерывания («ResInterrupt») – поступающий на вход бортовой вычислительной машины.

- Память («ResMemory») – ресурс памяти, включающий описание памяти и её значение.
- Массив КПИ («ResMkpi») – массив командно-программной информации, содержит управляющие данные для закладки на борт космического аппарата.
- Элемент ПАКЕТа («ResPacket») – элемент построения вычислительного процесса систем, обеспечивающий циклическую постановку задач на выполнение с заданной кратностью (периодом). Также элемент ПАКЕТа имеет дополнительную сущность тип элемента пакета («ResPacketType»), которая определяет значение периода для группы элементов.
- Отчёт-С («ResReportC») – статистический отчёт, хранящий информацию о состоянии систем. Формируется из набора заранее заданных полей, расположен частями во всех системах. Самым нижним элементом отчёта-С является унифицированный ТМ-параметр.
- Фраза Отчёта-Д («ResReportD») – диагностический отчёт, состоящий из фраз, расположен в ПО БКУ. Самым нижним элементом фразы отчёта-Д является унифицированный ТМ-параметр.
- Отчёт-П («ResReportP») – произвольный отчёт, содержащий некую информацию, принадлежащую какой-либо системе. Отчёт-П расположен в памяти системы и представляет собой массив одинаковых элементов, количество которых настраиваются на конкретное изделие. Этих массивов может быть несколько или ни одного, поэтому для каждого массива требуется хранить количество элементов. Самым нижним элементом отчёта-П является унифицированный ТМ-параметр.
- Семафор («ResSemafor») – средство синхронизации межзадачного взаимодействия.
- Задача («ResTask») – единица диспетчеризации операционной системы.

- ТМ параметр («ResTmParam») – оперативная информация, о состоянии космического аппарата передаваемая на НКУ.
- Время работы («ResWorkTime») – ресурс в виде времени работы, содержит количество времени.

4.1.2 Реализация база данных

При реализации модели данных информационной систем в базе данных используется Microsoft SQL Server, что оказало влияние на выбор библиотеки для объектно-реляционного отображения. После анализа доступных решений был выбран Entity Framework, по описанным в 3 главе причинам. Во время разработки было решено использовать подход «Изначально код» («Code-First»), позволяющий отталкиваться при переносе модели данных на физический уровень данных от классов, и, при их изменении переносить изменения в базу данных. Перенос изменений достигается за счёт использования механизма миграций. [28]

Использование механизма миграций позволяет достичь следующих преимуществ:

- Возможность отследить изменения, производимые в структуре базы данных и сопутствующие изменения в системе контроля версий.
- Возможность написания или корректирования, при необходимости, миграций на том же языке разработки, на котором написан исходный код.
- Возможность изменения версии базы данных так же, как и версии информационной системы.
- Возможность абстрагироваться от физической структуры базы данных, и работать с ней на уровне сущностей в коде.
- Возможность развернуть базу данных с нуля.

Миграции представляют собой в коде классы, описывающие изменения сущностей, которые будут перенесены в базу данных, и используют их терминологию, такую как «Внешние ключи», «Индексы» и так далее.

В базе данных миграции представляют собой специально созданную Entity Framework таблицу, хранящую информацию о последовательности применённых миграциях, версию библиотеки, которая применила миграцию и её контекст.

При изначальном разворачивании базы данных существует возможность заполнить её необходимой информацией, такой как первоначальная роль пользователя, или словарь данных.

Для нестандартной настройки классов в базе данных созданы файлы конфигурации, которые указывают сущности дополнительные детали, такие, как необходимость совершать каскадное удаление.

4.1.3 Реализация архитектуры

Разработанная система состоит из трёх частей (клиентская часть, общие библиотеки, серверная часть), которые в свою очередь разделены на восемь проектов. Схематичное разделение частей и их взаимодействие показано на рисунке 8.

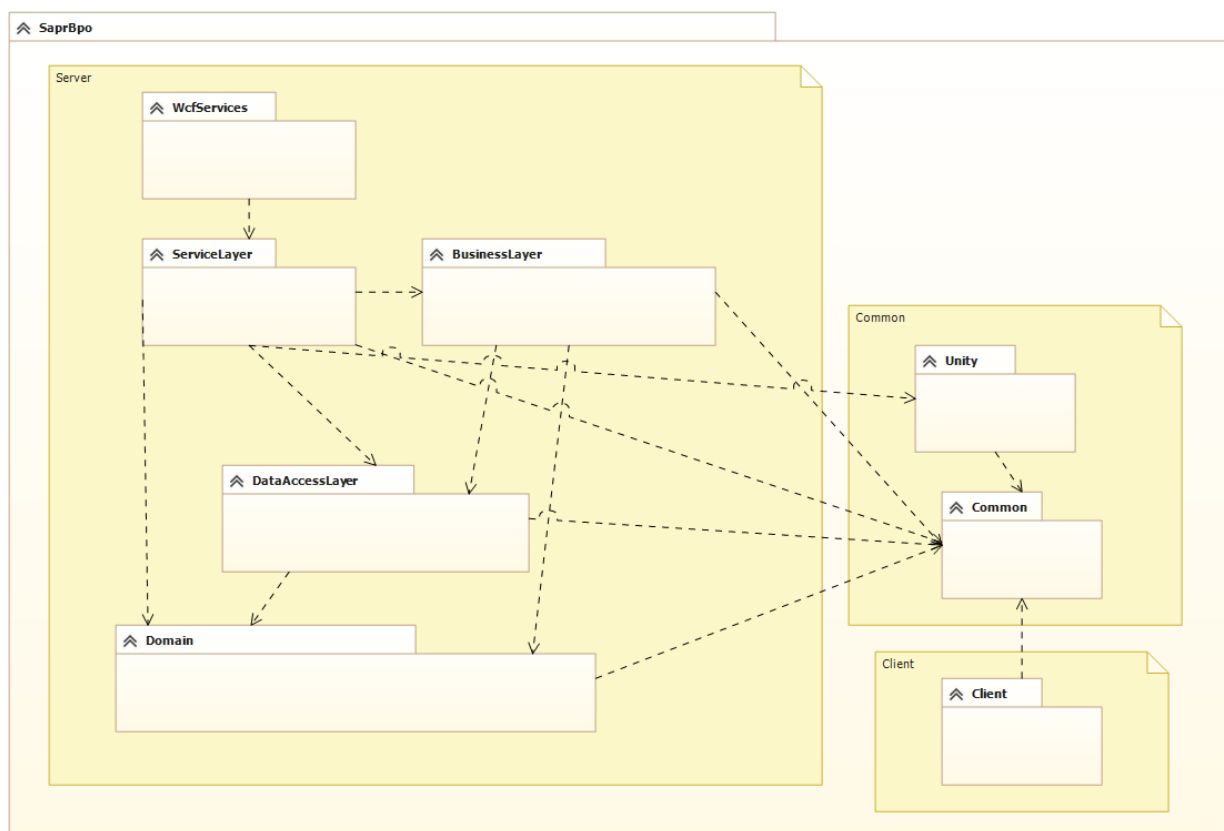


Рисунок 8 – Схематичное изображение архитектуры

4.1.3.1 Клиентская часть («Client»)

SaprBpo.Client. Исполняемый файл клиентской части. Для разработки графического интерфейса приложения используется технология WPF – Windows Presentation Foundation. Это презентационная система в составе .NET Framework использующая язык разметки XAML, который представляет собой XML, в котором фактически реализованы классы .NET Framework. Разработка интерфейса проводится согласно руководству Microsoft User Experience Interaction Guidelines, который описывает принципы построения пользовательских приложений и интерфейсов для Windows.

Основным шаблоном проектирования приложения, используемым при разработке клиентской части САПР БПО является шаблон Model-View-ViewModel (MVVM). MVVM используется для разделения модели данных и её представления, для обеспечения их независимости друг от друга. MVVM удобно использовать в тех случаях, когда в платформе, на которой ведётся

разработка, присутствует «связывание данных». Отличным примером использования технологии связывания данных является технология WPF.

Также содержит классы для взаимодействия с серверной частью с использованием WCF, и ссылается на общие библиотеки для получения информации об интерфейсах, реализуемых сервером и поддерживаемых им сущностей.

Проект ссылается на следующие сторонние библиотеки:

AutoMapper – для преобразования полученных со стороны сервера DTO сущностей в сущности, отображаемые в приложении.

NLog – для журналирования действий пользователя, ошибок приложения.

Microsoft.WindowsAPICodePack – для отображения привычных пользователю способов выбора файлов на компьютере.

MvvmLightLibs – для реализации MVVM шаблона.

4.1.3.2 Общие библиотеки («Common»)

SaprBro.Common. Общая библиотека, содержащая описание DTO сущностей и интерфейсы, используемые на клиенте и сервере. Единственное связующее звено между логикой сервера и реализацией клиента. Не использует сторонних библиотек.

SaprBro.Unity. Библиотека с реализацией контейнера для инверсии зависимости Unity. Как указано ранее использует стороннюю библиотеку Unity, также использует Mehdimi.Entity и Entity Framework из-за особенностей разрешения части классов.

4.1.3.3 Серверная часть («Server»)

SaprBro.WcfServices. Определяет границу между серверной и клиентской частью, образует набор доступных операций и управляет ответом при-

ложения в каждой операции. Для реализации уровня сервисов использовался фреймворк Windows Communication Foundation (WCF). WCF является частью платформы Microsoft .NET и используется для обмена данными между приложениями. WCF делает возможным построение безопасных и надёжных транзакционных систем через упрощённую унифицированную программную модель межплатформенного взаимодействия. Созданные с использованием WCF службы, размещаются на сервере с использованием Internet Information Services (IIS). [29] Также содержит папку с шаблонами для генерации документов и представляет собой то, как будет выглядеть развёртка сервера на IIS.

Проект не использует напрямую сторонние библиотеки, но они нужны для использования других проектов из приложения. Таким образом, используются NLog, Entity Framework и DocumentFormat.OpenXml.

SaprBpo.ServiceLayer. Серверная библиотека, содержащая конфигурацию сервисов и реализацию ServiceHost – вспомогательного класса, который загружает необходимые классы, настраивает точки доступа, открывает каналы связи и т.д., создаёт среду, необходимую для полноценной работы сервера. Также данный проект реализует шаблон проектирования фабрика для создания сервисов и осуществляет первоначальную необходимую для САПР БПО настройку – инициализирует AutoMapper, регистрирует репозитории и сервисы. Библиотека, кроме AutoMapper, использует Mehdim.Entity и Entity Framework для первоначальной инициализации фабрики контекста базы данных.

SaprBpo.Domain. Серверная библиотека, содержащая доменные сущности, на основе которых формируется БД с использованием подхода CodeFirst. Проект содержит конфигурации для AutoMapper, необходимые для преобразования данных из доменной модели, единой для всего приложения,

в объекты для передачи данных (DTO—Data Transfer Objects). По ранее описанным причинам проект использует AutoMapper.

`Saprbpo.DataAccessLayer`. Серверная библиотека, содержащая контекст доступа к базе данных с использованием Entity Framework, реализации репозиторий, а также миграции БД и конфигурации сущностей. Конфигурации сущностей необходимы для более гибкой настройки того, как данная сущность представлена в базе данных. Механизм миграции реализован с использованием встроенного решения от Entity Framework, что создаёт возможность развернуть новый экземпляр базы данных, включая некоторые предустановленные данные (типы ресурсов) одной командой.

`Saprbpo.BusinessLayer`. Серверная библиотека, содержащая все операции, выполняемые сервером. Данный уровень выполняет основные операции, производит вычисления и расчёты. На этом уровне обрабатываются, и интерпретируются нужным образом данные из других слоёв. Для преобразования данных из доменной модели, единой для всего приложения, в объекты для передачи данных (DTO—Data Transfer Objects), используется библиотека AutoMapper. Проект содержит в себе механизм журналирования всех ошибок сервера и их передачу для клиента.

В составе проекта все сервисы разбиты на три условные категории — базовые сервисы, частичные сервисы и специальные сервисы. Базовые содержат Generic (обобщённую) реализацию двух случаев: CRUD (create, read, update, delete — «создать, прочесть, обновить, удалить») и общие для большинства сущностей использования. [30] Частичные сервисы содержат сервисы для каждой сущности, наследуют одну из базовых реализаций и расширяют их функционал специфичными для данного класса вызовами. Специальные сервисы используются для случаев, когда необходимо взаимодействие со многими сущностями, или же без сущностей вообще. Данные сервисы рассмотрены подробнее.

FileService – сервис, необходимый для передачи и принятия на серверную сторону шаблонов документов.

SearchService – сервис, реализующий поиск по всем сущностям в базе данных. Для поиска используются все поля типа строки, существующие у класса. Сам поиск происходит параллельно для всех типов сущностей сразу, с использованием Parallel.ForEach.

DocumentGeneratingService – сервис, занимающийся генерацией всех необходимых документов. Для генерации документов используется библиотека OpenXML, которая упрощает взаимодействие с документом и его структурой. При этом нет необходимости устанавливать какой-либо дополнительный софт на серверную сторону или же использовать XML напрямую. Это даёт преимущества скорости разработки и более простого и понятного кода.

Для генерации документов разработана следующая диаграмма классов, представленная на рисунке 9.



Рисунок 9 – Диаграмма классов для генерации документов через OpenXML

На диаграмме представлено несколько основных классов, осуществляющих сборку данных и генерацию, которые ссылаются на классы-помощники. Это классы `SystDocumentGenerating`, `SatelliteDocumentGenerating`, `ReworkStat` и `ObjectCountStat`. Классы помощников необходимы для сборки данных в подходящем виде. Зачастую это означает запросы к множеству сущностей.

Здесь также представлены классы, содержащие константные значения, или же переопределяющие значения из OpenXML (`Constants`, `CellType` и другие).

Взаимодействие происходит через класс, который производит упрощение структуры документа, и производит необходимую замену. В нём используется структура, которую представляет OpenXML, например свойство «`InnerText`», которое представляет содержимое всего XML тега, также учтены некоторые детали, например то, что соотношение между расположением и содержанием узлов в программной структуре и в реальном документе может быть неявно нарушено.

4.2 Демонстрация работы приложения

Клиент САПР БПО представляет собой классическое оконное приложение, изображённое на рисунке 10.

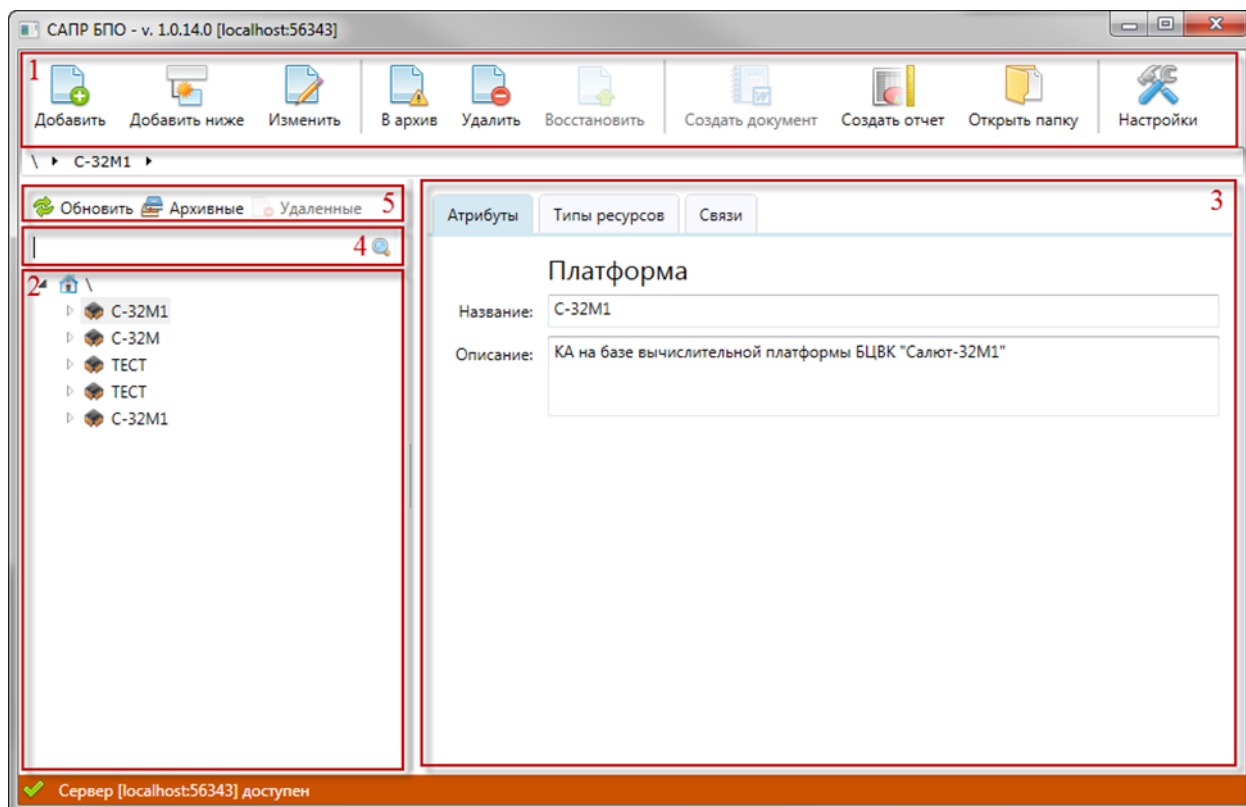


Рисунок 10 – Главное окно клиента САПР БПО

Интерфейс состоит из пяти основных блоков, отмеченных на рисунке:

- 1 Панель, содержащая кнопки управления объектами и строку навигации.
- 2 Панель иерархического представления объектов системы, представляющая собой дерево навигации.
- 3 Область отображения детальной информации об объекте.
- 4 Панель поиска.
- 5 Панель управления деревом объектов.

Также на главном окне присутствует строка состояния, отображающая наличие соединения с сервером по указанному адресу и навигационная цепочка, дублирующая навигационное дерево, позволяющая переходить по иерархии назад и вперед с раскрытием последующих и предыдущих элементов, как изображено на рисунке 11.

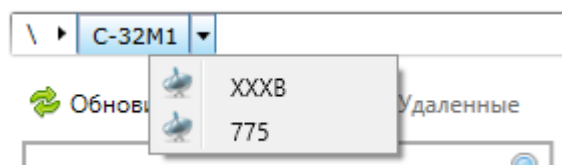


Рисунок 11 – Раскрытие навигационной цепочки

В связи с разными вариантами использования САПР БПО есть набор определённых операций, которые выполняет пользователь при работе с системой.

4.2.1 Навигация по дереву объектов

Открытие дочерних элементов узла дерева представлено на рисунке 12.

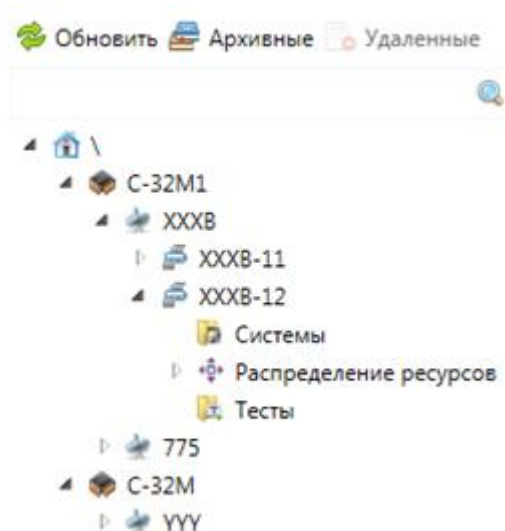


Рисунок 12 – Открытие дочерних элементов

При выборе элемента в дереве в правой части окна отображается детальная информация о сущности, как показано на рисунке 13.

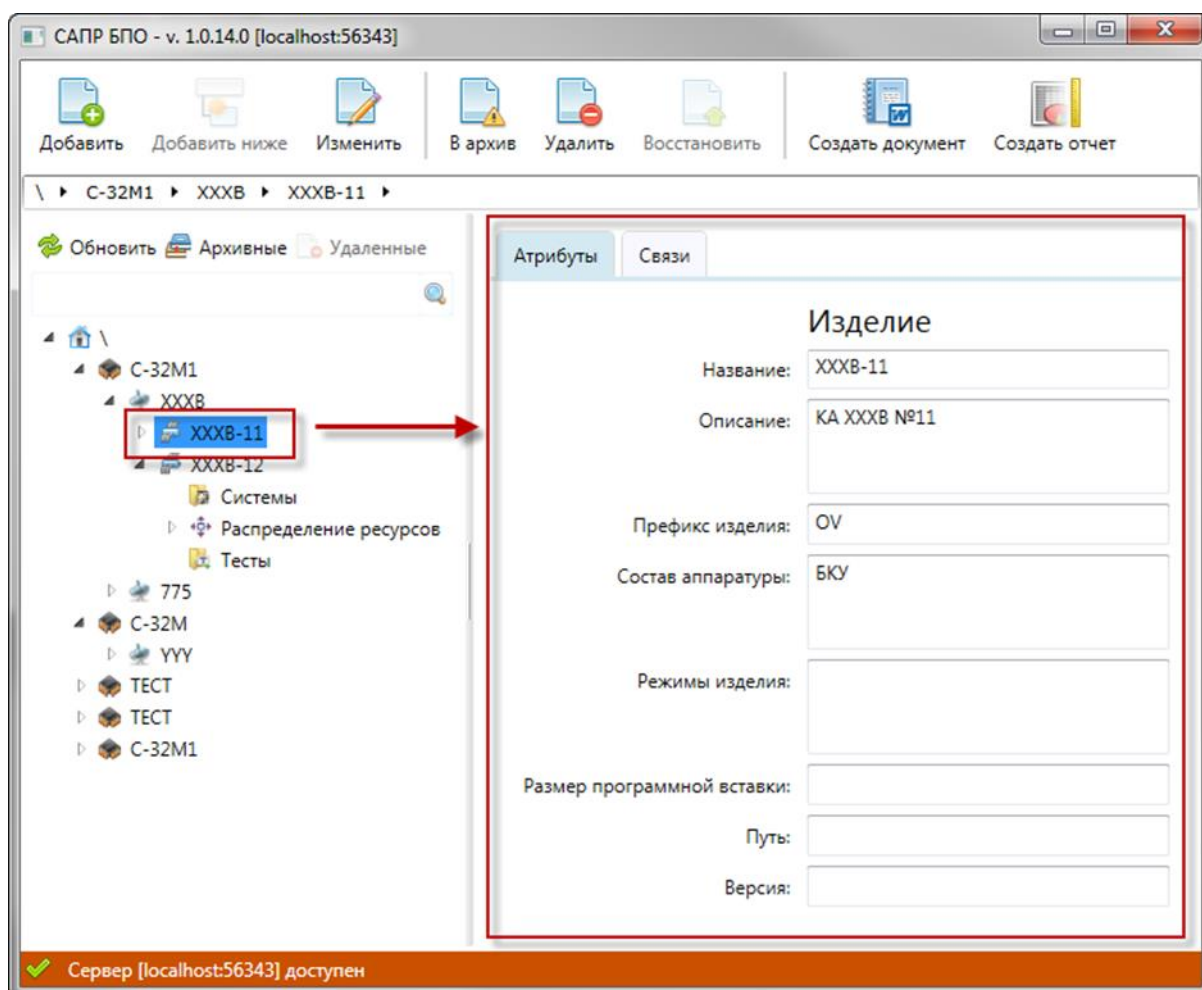


Рисунок 13 – Детальная информация о сущности

Подробное отображение информации различается для каждой отдельной сущности и обладает своим набором вкладок. Для большинства сущностей характерна вкладка «Атрибуты».

4.2.2 Управление сущностями САПР БПО

Разрабатываемая информационная система поддерживает CRUD, то есть создание, чтение, редактирование и удаление сущностей. Удаление, в связи со спецификой предметной области, реализовано с введением дополнительного состояния.

4.2.2.1 Добавление сущности

Добавление возможно двумя способами, через использование контекстного меню дерева навигации или через панель инструментов, но оба эти способа дают одинаковый результат. Добавление поддерживается на теку-

щем уровне иерархии, или же на уровень ниже, для этого необходимо выбрать одну из представленных на рисунке 14 кнопок.

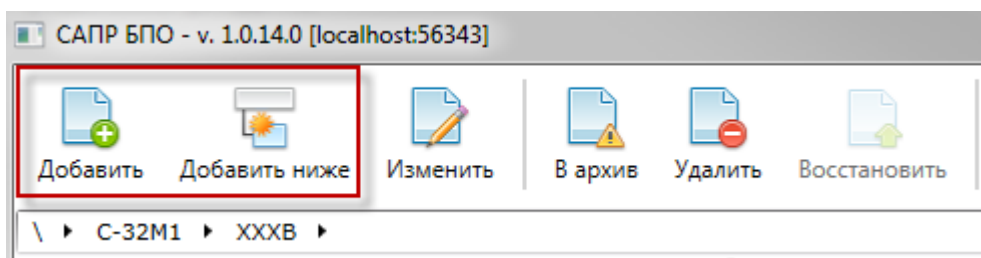


Рисунок 14 – Добавление объекта

Не все типы объектов поддерживают обе возможности добавление нового элемента. Так, при работе с папками доступна только одна опция: «Добавить ниже». При этом кнопка «Добавить» недоступна. При создании элемента в правой части окна отображается незаполненное поле информации, как показано на рисунке 15.

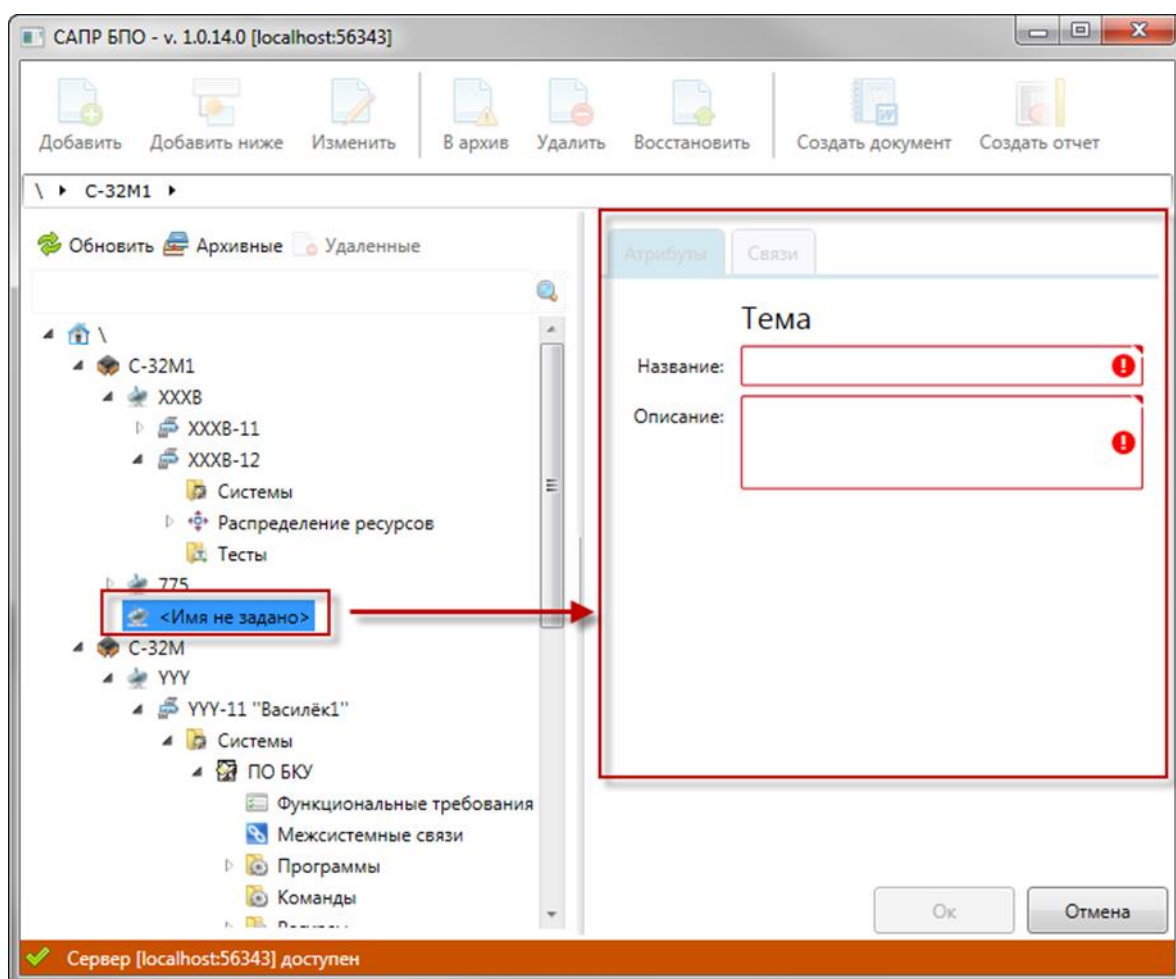


Рисунок 15 – Заполнение атрибутов новой сущности

При добавлении нового объекта атрибуты обязательные для заполнения выделяются красной рамкой. Пока данные атрибуты не заполнены, кнопка «Ок», подтверждающая создание объекта, недоступна. При нажатии на кнопку «Отмена» новый элемент дерева удаляется, и пользователь возвращается к предыдущему элементу.

После заполнения необходимых атрибутов и принятия изменений созданный объект отобразится в дереве.

В САПР БПО существует большое количество данных, с которыми удобнее взаимодействовать в табличном виде, для этих целей по нажатию на папку появляется таблица, дублирующая содержимое дерева навигации, в том числе добавление возможно через табличное представление, как показано на рисунке 16.

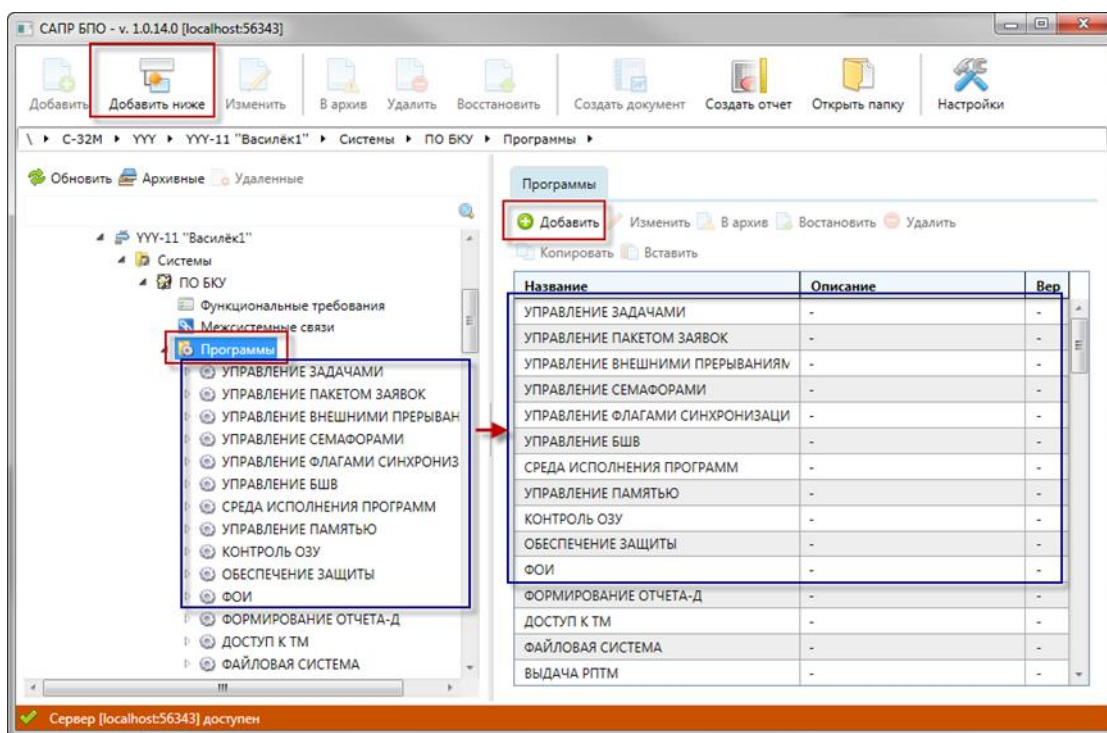


Рисунок 16 – Панель управления таблицами

После выбора «Добавить» появляется информация, аналогичная детальному отображению, но выводимая в отдельном окне, как показано на рисунке 17.

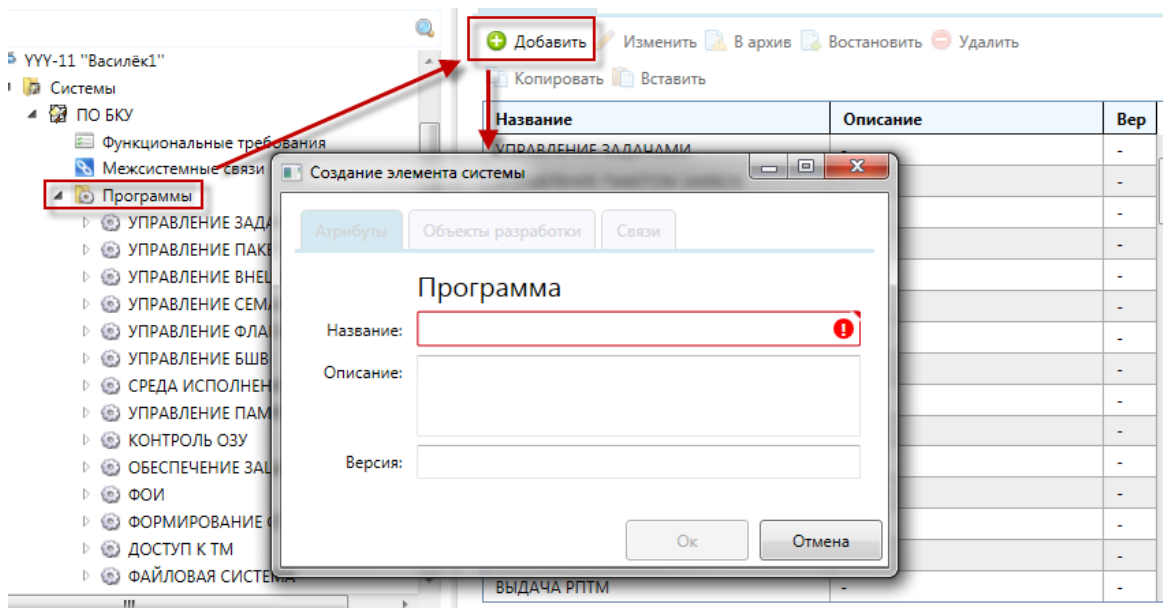


Рисунок 17 – Добавление нового объекта через таблицу

После заполнения обязательных полей и нажатия «Ок» сущность отобразится в таблице и в дереве навигации.

4.2.2.2 Изменение сущности

Аналогично созданию сущности, это возможно сделать как через панель управления, так и через контекстное меню. Если сущность поддерживает табличное отображение, то возможно также использовать её.

После активирования режима изменения появляется возможность изменения данных в полях сущности, как показано на рисунке 18.

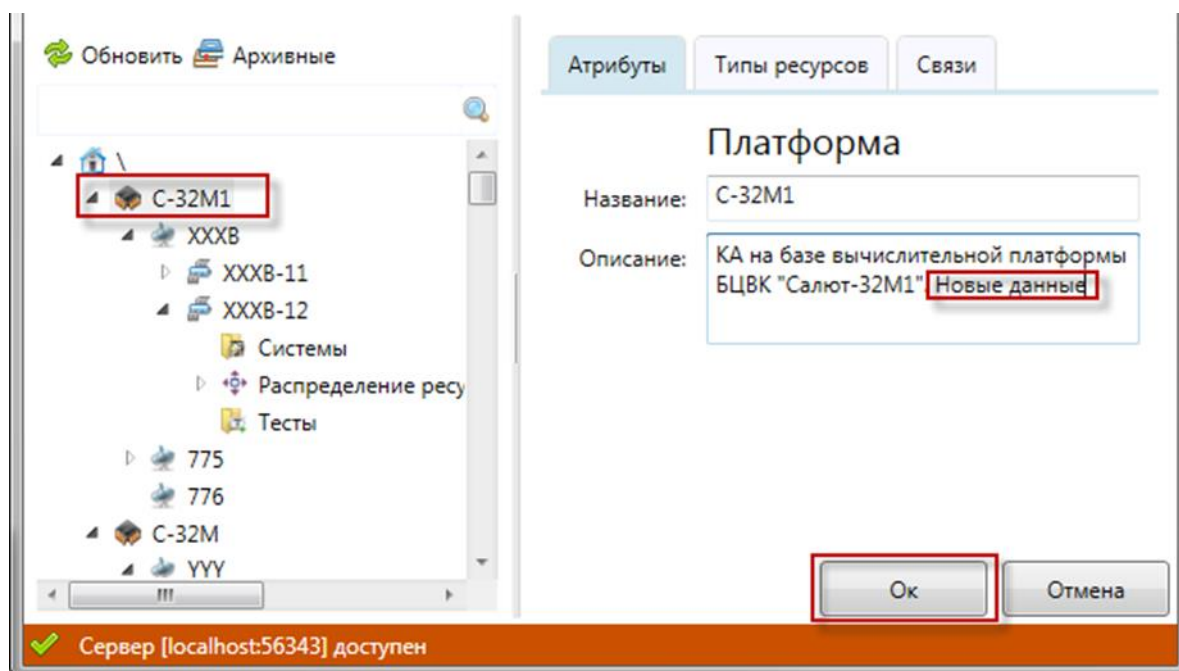


Рисунок 18 – Изменение сущности

Для сохранения изменений необходимо выбрать «Ок».

4.2.2.3 Удаление сущности

Удаление сущности представлено переводом в одно из состояний: архивированное или удалённое. Данные процессы выполняются каскадно, то есть действие распространяется на все вложенные объекты.

Архивирование возможно активированием «В архив» в контекстном меню, или в панели управления. Для отображения в иерархии архивных сущностей необходимо выбрать «Архивные» в панели управления деревом. При использовании архивирования возможно восстановить объект при необходимости. В дереве навигации сущность отображается серым цветом, как показано на рисунке 19.

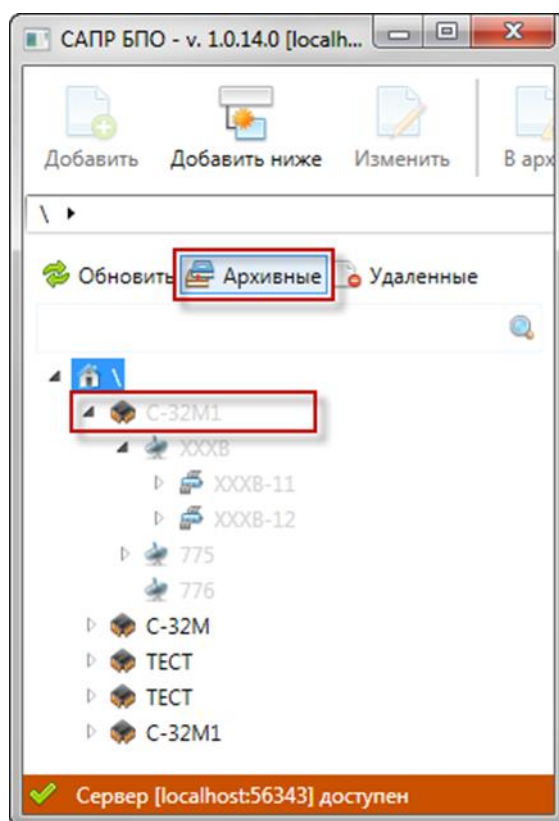


Рисунок 19 – Отображение архивных объектов

Удаление отличается от архивирования тем, что после него сущность невозможность восстановить и доступен только просмотр. При этом необходимо выбрать «Удалённые» в панели управления деревом навигации. Такие сущности отображаются выделенными красным цветом, как показано на рисунке 20.

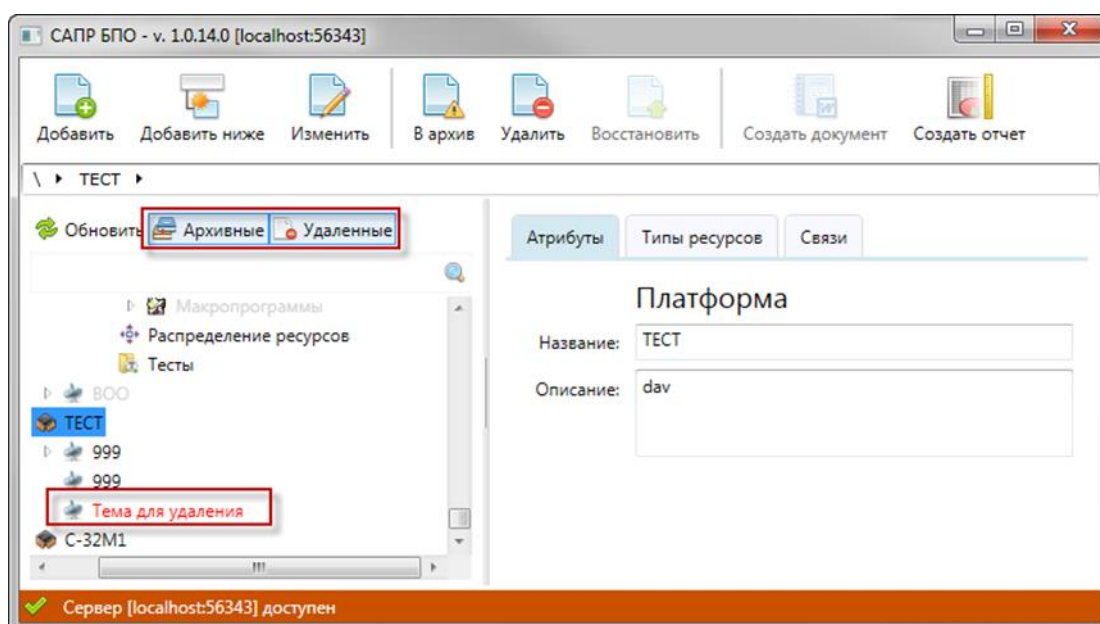


Рисунок 20 – Отображение удалённых объектов

4.2.3 Копирование сущностей

В системе возможно копирование, для выполнения которого можно воспользоваться либо контекстным меню, либо горячими клавишами «Ctrl + C». Контекстное меню с выбором отображено на рисунке 21.

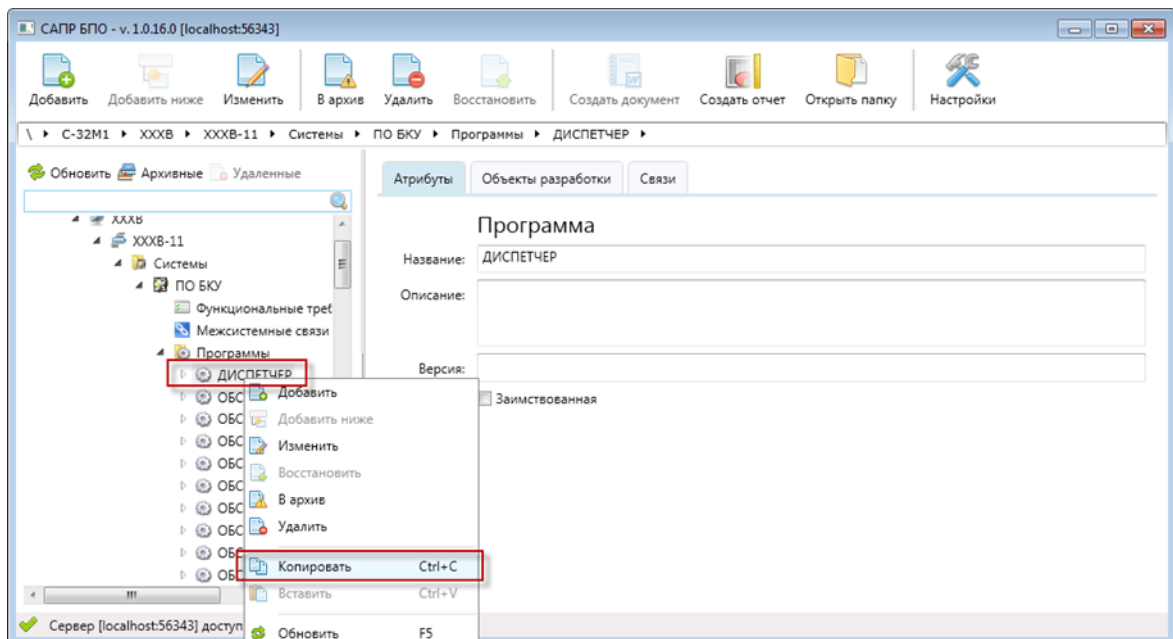


Рисунок 21 – Кнопка «Копировать» в контекстном меню

После успешной вставки объекта необходимая информация будет продублирована в новую сущность и в дереве появится новый узел. В случае какой-либо ошибки выводится ошибка, как показано на рисунке 22.

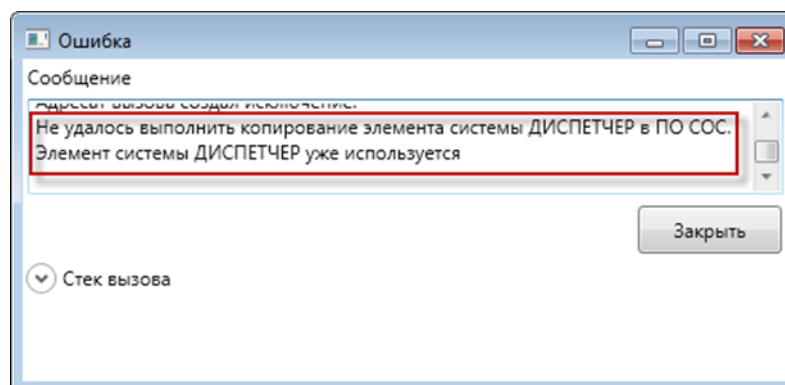


Рисунок 22 – Ошибка при вставке

Из текста ошибки пользователь может понять, что необходимо поменять для возможности копирования.

4.2.4 Управление ресурсами

Одной из важнейших функций в САПР БПО является возможность управления ресурсами. При этом соблюдается иерархия, то есть выбранные на платформу типы ресурсы возможно использовать в дальнейшем, при распределении на изделие. Выбор типов ресурсов на платформу представлен на рисунке 23.

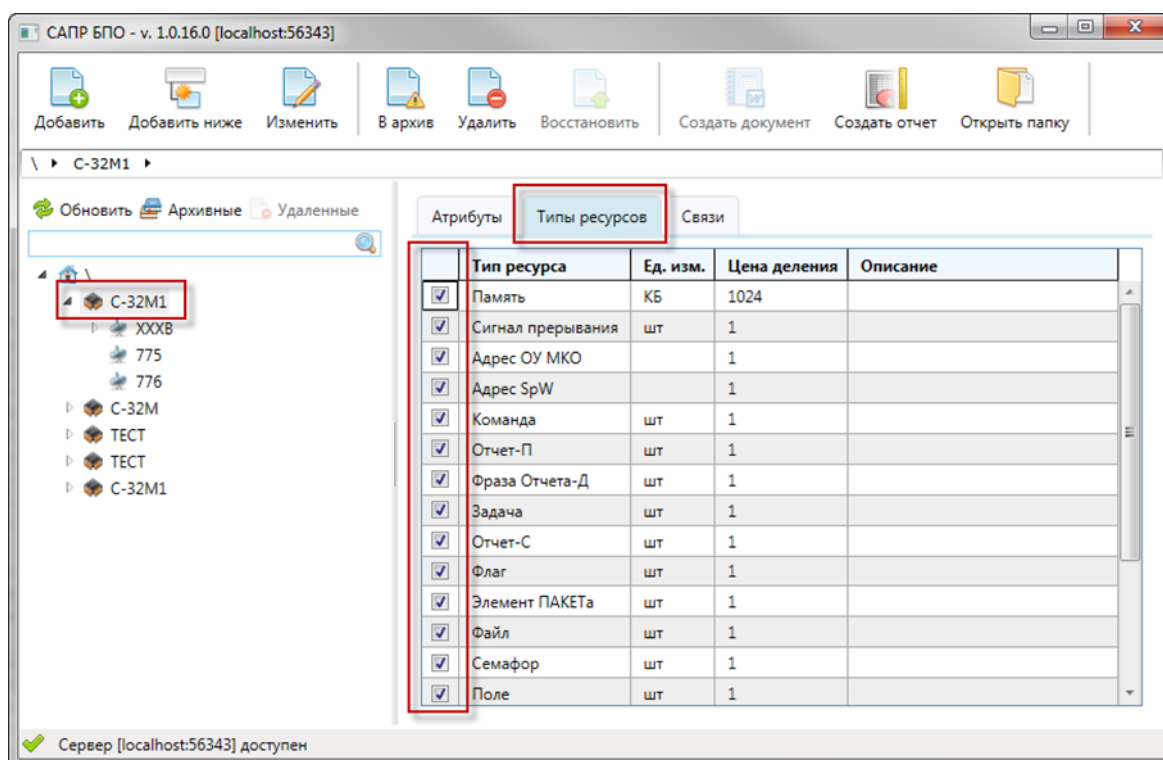


Рисунок 23 – Назначение типов ресурсов

Работа с ресурсами у изделия представляет собой распределение доступных типов, выделение их диапазонов, максимальных значений и т.д. Работа с ресурсами на изделии представлена далее, на рисунке 24.

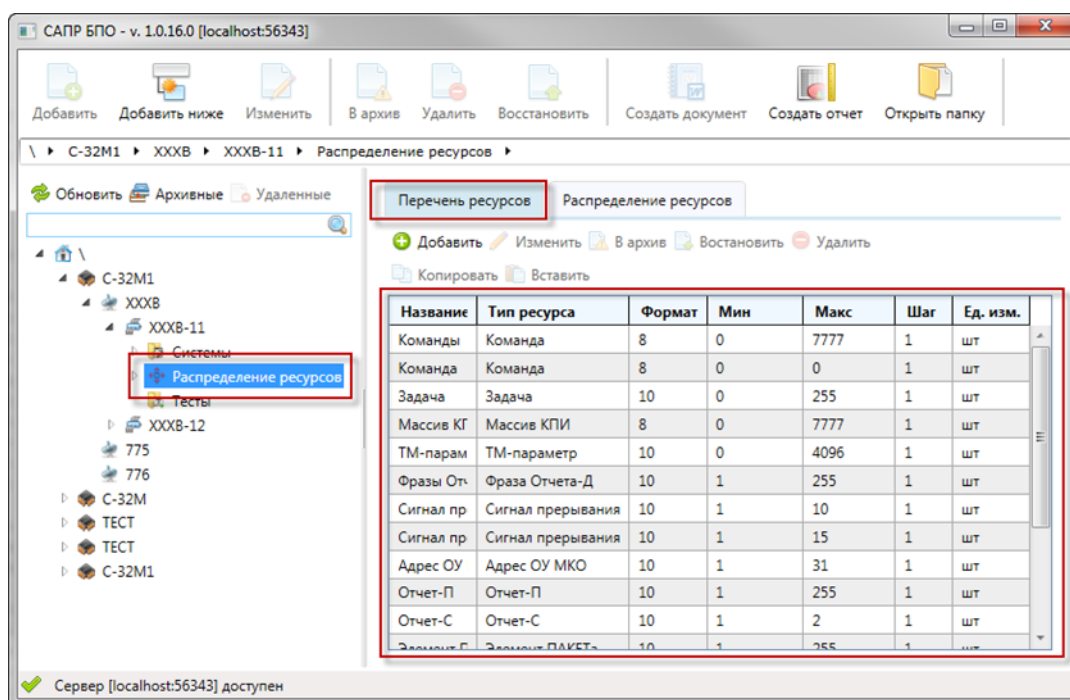


Рисунок 24 – Распределение диапазонов ресурсов

При создании нового диапазона ресурсов отображается диалоговое окно, показанное на рисунке 25. В поле выбора типа ресурса, отображаются только типы ресурсов, назначенных на платформу.

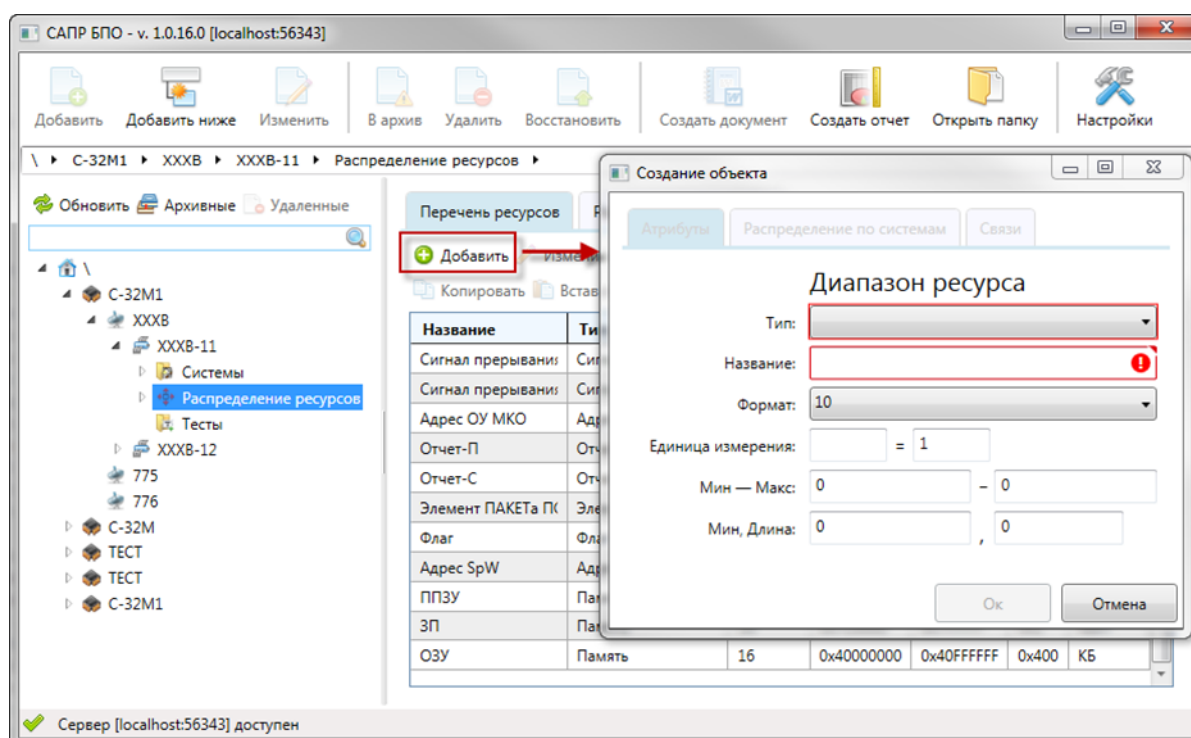


Рисунок 25 – Диалоговое окно диапазона ресурсов

Дальше по иерархии стоит распределение диапазонов ресурсов на систему, и оно возможно только для заданных на систему ресурсов. Интерфейс распределения ресурсов представлен на рисунке 26.

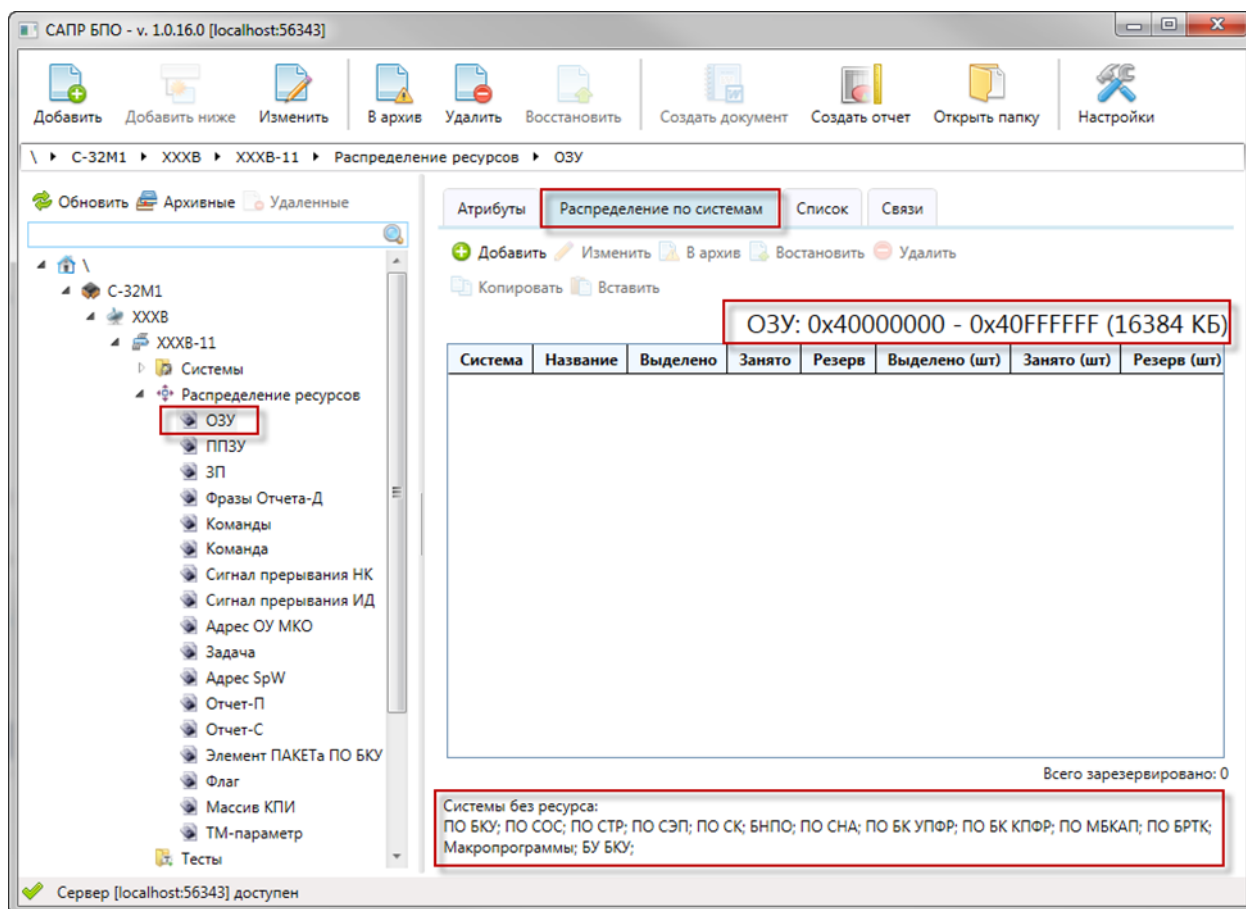


Рисунок 26 – Распределение диапазона ресурсов на систему

В верхней части указан общий диапазон на изделие, для удобства пользователя. В нижней части окна отображён список систем в рамках изделия, для которых не было выполнено распределение.

4.2.5 Поиск сущностей

Поиск производится по всем сущностям в системе, для начала поиска необходимо ввести в меню поиска желаемую строку и нажать «Поиск», либо горячую клавишу «Enter». Результат поиска представлен на рисунке 27.

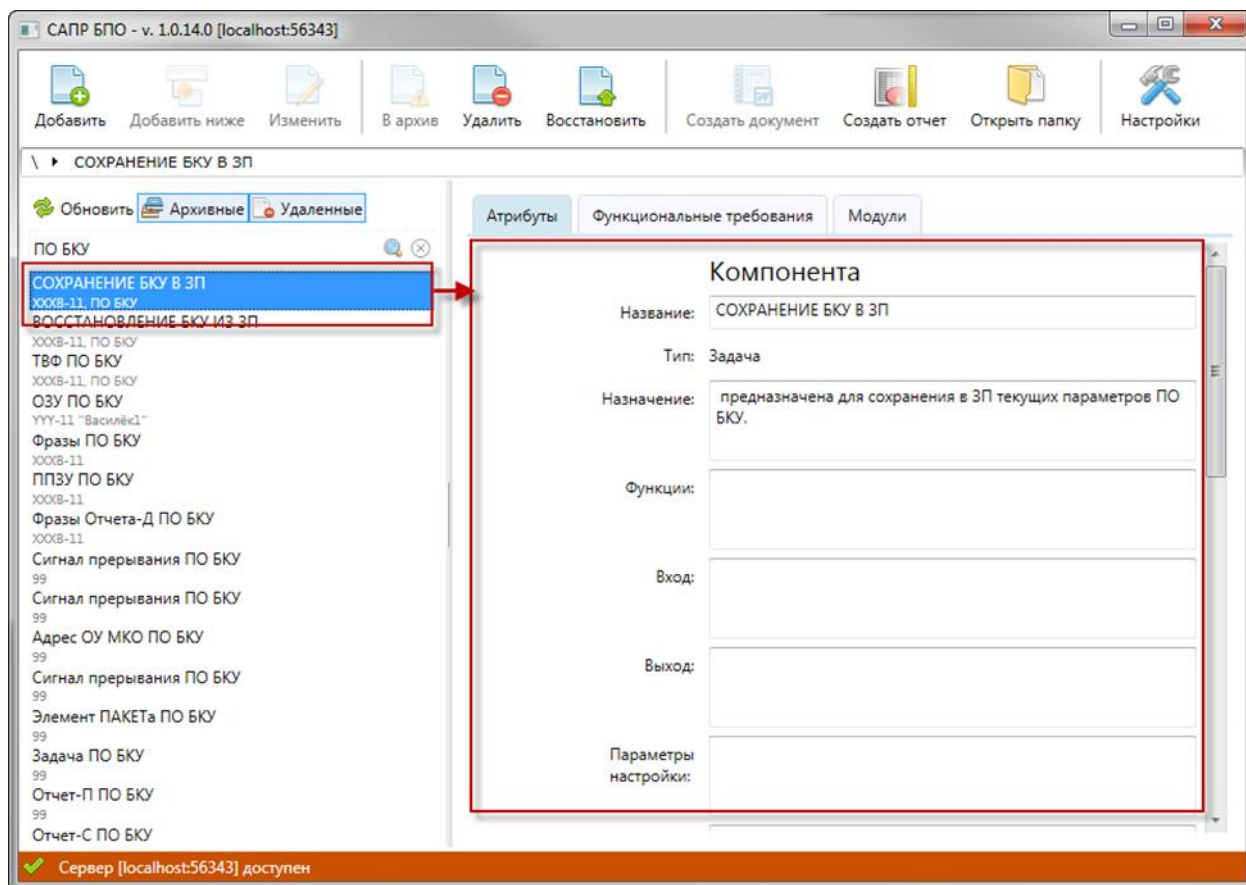


Рисунок 27 – Панель поиска

В результатах поиска указывается имя найденной сущности, а также изделие и система, в которой она находится. При выделении результата поиска в правой части программы отобразится карточка найденного объекта. Двойной клик по результату поиска отобразит выделенную сущность в дереве. Если в результате поиска найден объект, который не отображается в дереве, например, требования, то двойной клик приведет к выделению родителя.

4.2.6 Генерация документов

В САПР БПО реализована частичная генерация документов на основе данных, хранимых в системе с использованием механизма шаблонов и маркеров. Система генерирует документы следующих типов:

- Документ требований (ИД на БПО) – на изделие;
- Документ архитектурного проекта – на систему;

На сервере хранятся заранее подготовленные шаблоны документов, в которые в определённых местах добавлены специализированные ключевые слова, заключённые в символы %%. Эти ключевые слова анализируются при генерации документов и на их место добавляются требуемые данные.

Для генерации документа требований (ИД на БПО) необходимо выбрать изделие в дереве объектов приложения и нажать кнопку «Создать документ», после этого откроется диалоговое окно, позволяющее выбрать один из нескольких шаблонов, доступных для генерации документа для этого изделия. В списке всегда присутствует шаблон по умолчанию. Данное окно представлено на рисунке 28.

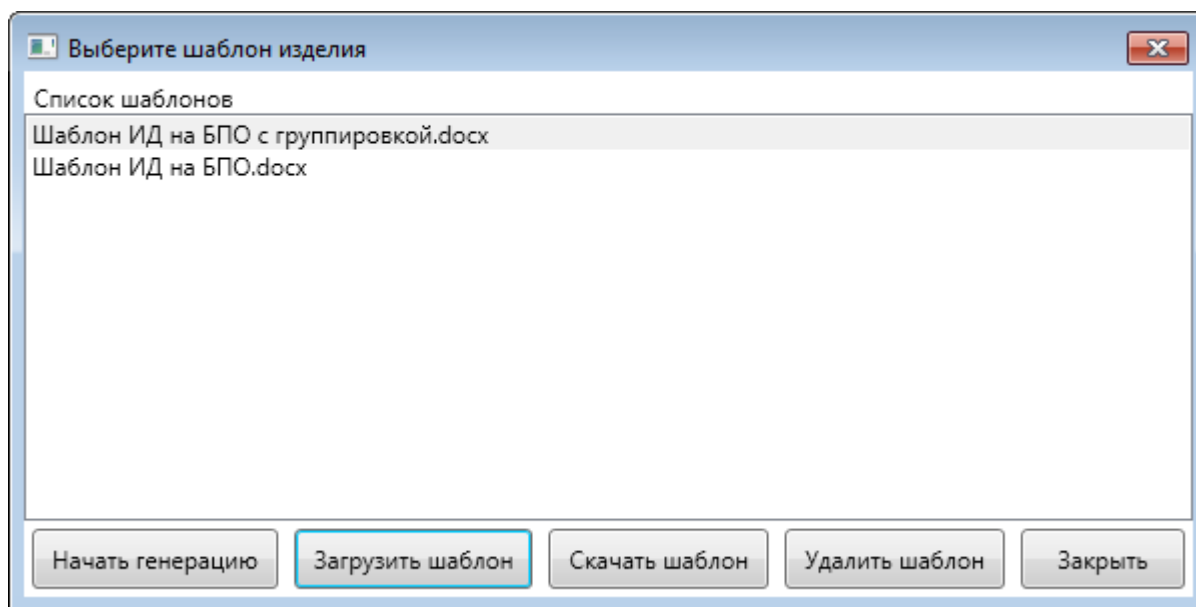


Рисунок 28 – Диалог выбора шаблона на изделие

Для добавления нового шаблона в список требуется нажать кнопку «Загрузить шаблон» и выбрать в диалоговом окне путь до требуемого файла. Для изменения существующего шаблона необходимо нажать кнопку «Скачать шаблон» - выбранный документ сохранится в папке для документов по умолчанию. Для удаления шаблона с сервера требуется нажать кнопку «Удалить шаблон».

После выбора необходимого шаблона для генерации требуется нажать на кнопку «Начать генерацию». Если в структуре объектов отсутствуют необходимые данные, пользователь увидит информационное сообщение «Незаполненные маркеры» и список всех маркеров, для которых не удалось найти соответствия в дереве объектов, пример такого окна показан на рисунке 29.

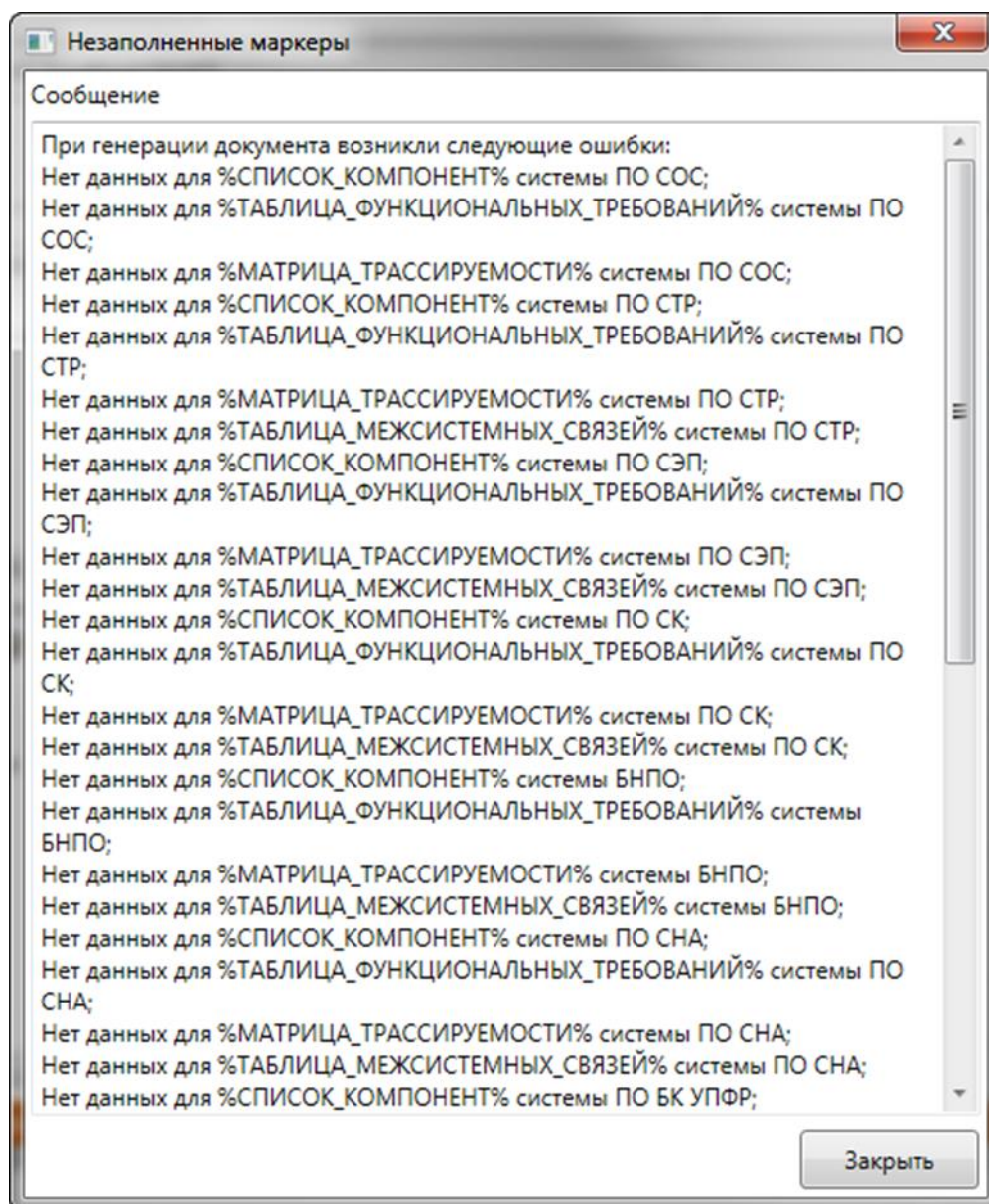


Рисунок 29 – Информационное сообщение про недостаточность данных

После нажатия на кнопку «Заккрыть» появится диалоговое окно, позволяющее выполнить следующие действия: открыть документ или открыть папку с документом, как показано на рисунке 30.

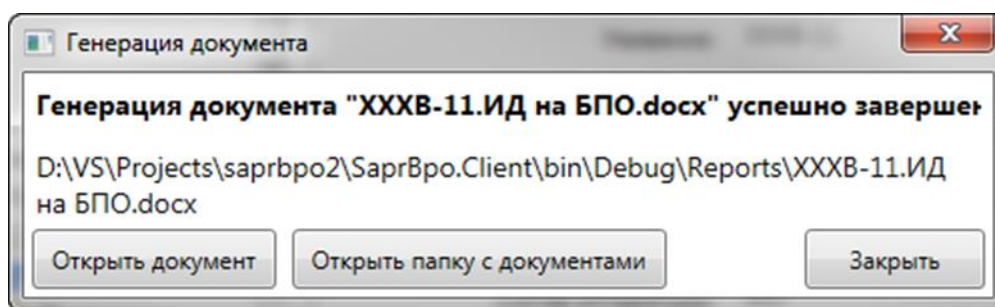


Рисунок 30 – Диалоговое окно после завершения генерации

Если после генерации документа пользователю необходимо перейти в папку месторасположения документа – это можно сделать через панель управления главного окна приложения, нажав на кнопку «Открыть папку».

Аналогично генерируется документ архитектурного проекта для системы.

В САПР БПО также возможно сгенерировать статические отчёты, для этого необходимо выбрать «Создать отчёт» в панели управления. Затем необходимо выбрать тип генерируемого отчёта и нажать кнопку «Создать», диалоговое окно с выбором представлено на рисунке 31.

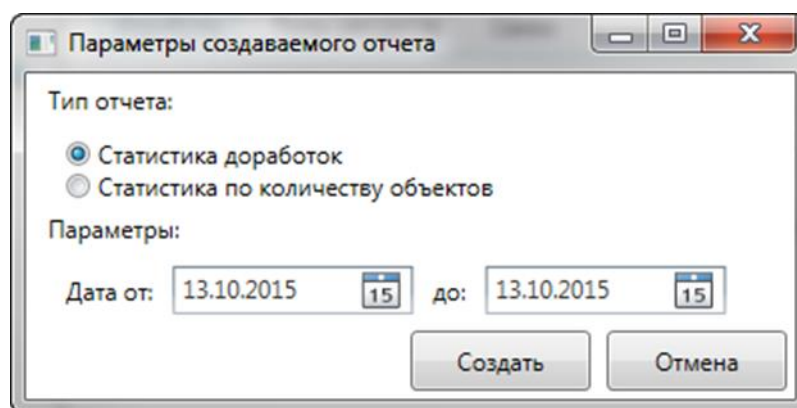


Рисунок 31 – Параметры создаваемого отчёта

Для отчёта типа «Статистика доработок» необходимо указать начальную и конечную дату. Отчёт «Статистика по количеству объектов» формируется за весь период работы системы.

4.2.7 Настройки программы

Настройки позволяют изменять общие для приложения данные. Меню настроек содержит два раздела: Справочники и Генерация документов. В разделе «Справочники» доступны операции создания, редактирования и удаления следующих объектов: Тип системы, Тип компоненты, Тип ПАКЕТа. Управление типами необходимо для работы с основными объектами системы. Пример такого меню представлено далее, на рисунке 32.

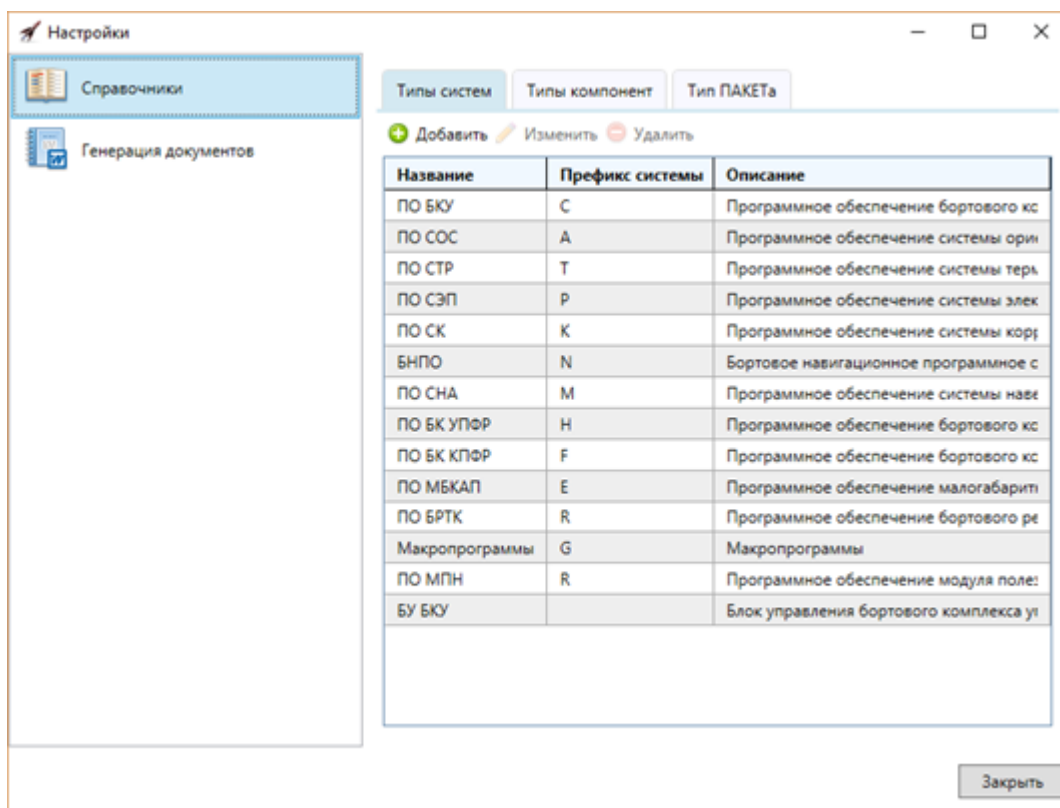


Рисунок 32 – Окно «Справочники»

В настройках «Генерация документов» возможно изменять общие настройки и взаимодействовать со стандартными шаблонами изделия и систем. (Рисунок 33)

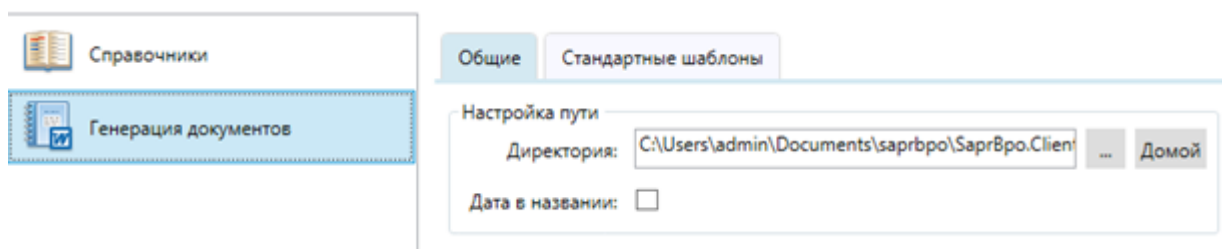


Рисунок 33 – Общие настройки генерации документов

В поле директория указывается путь до заданной директории. Для смены пути необходимо нажать на кнопку «...». При нажатии на кнопку «Домой», в качестве папки для хранения сгенерированных документов выбирается папка размещения исполняемого файла приложения.

Независимый переключатель «Дата в названии» при активации добавляет текущую дату в название сгенерированных документов.

На вкладке «Стандартные шаблоны» можно скачать для изменения существующие шаблоны для каждого типа документа, а также заменить шаблон по умолчанию путём загрузки новой версии файла, данное окно представлено на рисунке 34.

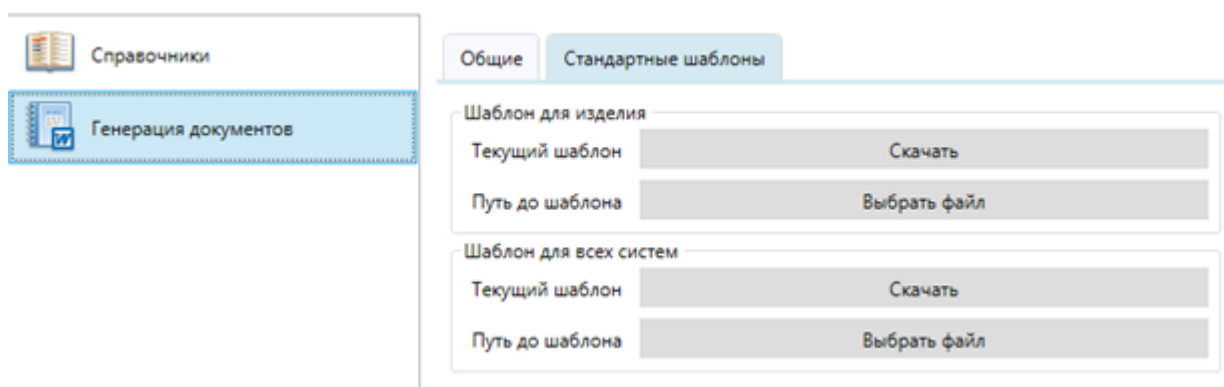


Рисунок 34 – Стандартные шаблоны документов

5 ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

Цель раздела – комплексное описание и анализ финансово-экономических аспектов выполненной работы. Необходимо оценить полные денежные затраты на исследование (проект), а также дать хотя бы приближенную экономическую оценку результатов её внедрения. Это в свою очередь позволит с помощью традиционных показателей эффективности инвестиций оценить экономическую целесообразность осуществления работы. Раздел должен быть завершён комплексной оценкой научно-технического уровня ВКР на основе экспертных данных.

5.1 Организация и планирование работ

При организации процесса реализации конкретного проекта необходимо рационально планировать занятость каждого из его участников и сроки проведения отдельных работ.

Данный пункт содержит полный перечень проводимых работ, их исполнители и рациональную продолжительность. Для наглядности и в виду наличия только двух исполнителей результат планирования представлен как линейный график реализации проекта. Для его построения, хронологически упорядоченные вышеуказанные данные должны быть сведены в таблицу 1, приведённую ниже.

Таблица 1 – Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	НР – 100%
Составление и утверждение технического задания	НР, И	НР – 60% И – 40%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 50%

		И– 50%
Обсуждение литературы	НР, И	НР – 30% И– 100%
Проектирование пользовательских сценариев	НР, И	НР – 40% ИП– 80%
Проектирование базы данных	НР, И	НР – 10% И– 100%
Проектирование пользовательских интерфейсов	И	И – 100%
Разработка информационной системы	И	И– 100%
Тестирование информационной системы	И	И – 100%
Оформление пояснительной записки	НР, И	НР – 30% И– 100%
Публикация проекта	И	И – 100%

5.1.1 Продолжительность этапов работ

Расчёт продолжительности этапов работ осуществляется опытно-статическим методом, реализуемый экспертным способом.

Экспертный способ предполагает генерацию необходимых количественных оценок специалистами конкретной предметной области, опирающимися на их профессиональный опыт и эрудицию. Для определения вероятных (ожидаемых) значений продолжительности работ $t_{ож}$ используется следующая формула.

$$t_{ож} = \frac{3 \cdot t_{min} + 2 \cdot t_{max}}{5}, \quad (1)$$

где t_{min} – минимальная продолжительность работы, дн.;

t_{max} – максимальная продолжительность работы, дн.;

Для выполнения перечисленных в таблице 1 работ требуются специалисты:

- инженер – в его роли действует исполнитель НИР (ВКР);
- научный руководитель.

Для построения линейного графика необходимо рассчитать длительность этапов в рабочих днях, а затем перевести её в календарные дни. Расчёт продолжительности выполнения каждого этапа в рабочих днях ($T_{РД}$) ведётся по формуле.

$$T_{РД} = \frac{t_{ож}}{K_{ВН}} \cdot K_{Д}, \quad (2)$$

где $t_{ож}$ – продолжительность работы, дн.;

$K_{ВН}$ – коэффициент выполнения работ, учитывающий влияние внешних факторов на соблюдение предварительно определённых длительностей в данной работе $K_{ВН} = 0.9$.

$K_{Д}$ – коэффициент, учитывающий дополнительное время на компенсацию непредвиденных задержек и согласование работ, в данном случае $K_{Д} = 1$.

Расчёт продолжительности этапа в календарных днях ведётся по формуле.

$$T_{КД} = T_{РД} \cdot T_{К}, \quad (3)$$

где $T_{КД}$ – продолжительность выполнения этапа в календарных днях;

$T_{К}$ – коэффициент календарности, позволяющий перейти от длительности работ в рабочих днях к их аналогам в календарных днях, и рассчитываемый по формуле 4.

$$T_{К} = \frac{T_{КАЛ}}{T_{КАЛ} - T_{ВД}}, \quad (4)$$

где $T_{КАЛ}$ – календарные дни ($T_{КАЛ} = 366$);

$T_{ВД}$ – выходные и праздничные дни;

Так как исполнитель и научный руководитель работают по разному количеству дней, то необходимо вычислить два коэффициента, для пятидневной рабочей недели и шестидневной.

Для пятидневной: $T_{ВД} = 119$.

$$T_K = \frac{366}{366 - 119} = 1,48$$

Для шестидневной: $T_{ВД} = 66$.

$$T_K = \frac{366}{366 - 66} = 1,22$$

В таблице 2 приведён пример определения продолжительности этапов работ и их трудоёмкости по исполнителям, занятым на каждом этапе. В столбцах (3–5) реализован экспертный способ по формуле 1. Столбцы 6 и 7 содержат величины трудоёмкости этапа для каждого из двух участников проекта (научный руководитель и инженер) с учётом коэффициента $K_D = 1$. Каждое из них в отдельности не может превышать соответствующее значение $t_{ож} \cdot K_D$. Столбцы 8 и 9 содержат те же трудоёмкости, выраженные в календарных днях путём дополнительного умножения на T_K . Итог по столбцу 5 даёт общую ожидаемую продолжительность работы над проектом в рабочих днях, итоги по столбцам 8 и 9 – общие трудоёмкости для каждого из участников проекта. Две последних величины далее будут использованы для определения затрат на оплату труда участников и прочие затраты. Величины трудоёмкости этапов по исполнителям $T_{КД}$ (данные столбцов 8 и 9 кроме итогов) позволяют построить линейный график осуществления проекта, представленный на рисунке 35.

Таблица 2– Трудозатраты на выполнение проекта

Этап	Исполнители	Продолжительность работ, дни			Трудоёмкость работ по исполнителям чел.- дн.			
					Т _{РД}		Т _{КД}	
		t_{min}	t_{max}	$t_{ож}$	НР	И	НР	И
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Постановка целей и задач, получение исходных данных	НР	2	4	2,80	3,11	-	3,80	-
Составление и утверждение технического задания	НР, И	4	6	4,80	3,20	2,13	3,90	3,16
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	2	4	2,80	0,62	3,11	0,76	4,61
Разработка календарного плана	НР, И	2	4	2,80	1,56	1,56	1,90	2,30
Обсуждение литературы	НР, И	1	3	1,80	0,60	2,00	0,73	2,96
Проектирование пользовательских сценариев	НР, И	11	13	11,80	5,24	10,49	6,40	15,54
Проектирование базы данных	НР, И	5	7	5,80	0,64	6,44	0,79	9,55
Проектирование пользовательских интерфейсов	И	7	9	7,80	-	8,67	-	12,84
Разработка информационной системы	И	22	25	23,20	-	25,78	-	38,20
Тестирование информационной системы	И	5	6	5,40	-	6,00	-	8,89
Оформление пояснительной записки	НР, И	18	20	18,80	6,27	20,89	7,65	30,95
Публикация проекта	И	2,00	4,00	2,80	-	3,11	-	4,61
Итого:				90,60	21,24	90,18	25,92	133,62

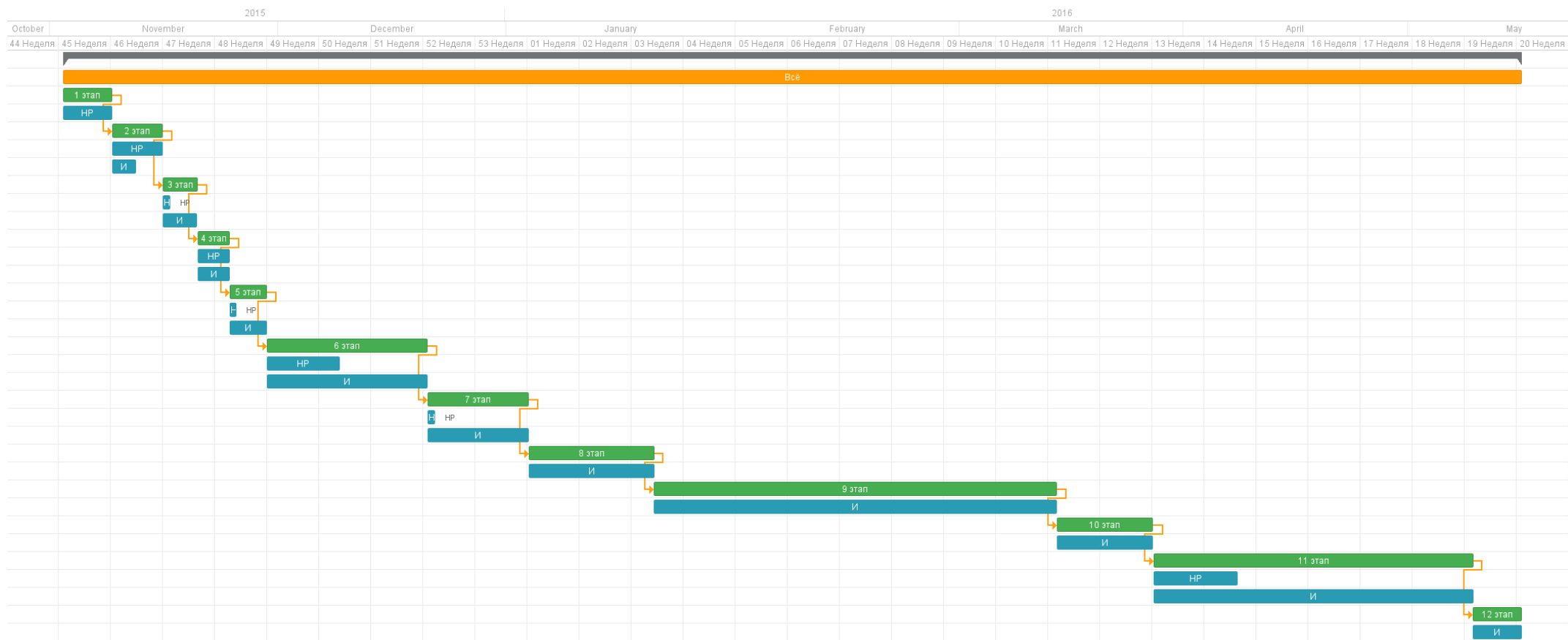


Рисунок 35 – Линейный график осуществления проекта

5.1.2 Расчёт накопления готовности проекта

Цель данного пункта – оценка текущих состояний (результатов) работы над проектом. Величина накопления готовности работы показывает, на сколько процентов по окончании текущего (*i*-го) этапа выполнен общий объём работ по проекту в целом.

Далее представлены обозначения:

- $TP_{\text{общ.}}$ – общая трудоёмкость проекта;
- $TP_i(TP_k)$ – трудоёмкость *i*-го (*k*-го) этапа проекта, $i = \overline{1, I}$;
- TP_i^H – накопленная трудоёмкость *i*-го этапа проекта по его завершении;
- $TP_{ij} (TP_{kj})$ – трудоёмкость работ, выполняемых *j*-м участником на *i*-м этапе, здесь $j = \overline{1, m}$ – индекс исполнителя, в данной работе $m = 2$.

Степень готовности определяется формулой 5.

$$CG_i = \frac{TP_i^H}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i TP_k}{TP_{\text{общ.}}} = \frac{\sum_{k=1}^i \sum_{j=1}^m TP_{km}}{\sum_{k=1}^I \sum_{j=1}^m TP_{km}}, \quad (5)$$

Применительно к таблице 2 величины $TP_{ij}(TP_{kj})$ находятся в столбцах (6, $j = 1$) и (7, $j = 2$). $TP_{\text{общ.}}$ равна сумме чисел из итоговых клеток этих столбцов. Расчёт $TP_i(\%)$ и $CG_i(\%)$ на основе этих данных содержится в таблице 3.

Таблица 3– Нарастание технической готовности работы и удельный вес каждого этапа

Этап	$TP_i, \%$	$CG_i, \%$
Постановка целей и задач, получение исходных данных	2,79	2,79
Составление и утверждение технического задания	4,79	7,58
Подбор и изучение материалов по тематике	3,35	10,93

Разработка календарного плана	2,79	13,72
Обсуждение литературы	2,33	16,06
Проектирование пользовательских сценариев	14,12	30,18
Проектирование базы данных	6,36	36,54
Проектирование пользовательских интерфейсов	7,78	44,32
Разработка информационной системы	23,14	67,45
Тестирование информационной системы	5,38	72,84
Оформление пояснительной записки	24,37	97,21
Публикация проекта	2,79	100,00

5.2 Расчёт сметы затрат на выполнение проекта

В состав затрат на создание проекта включается величина всех расходов, необходимых для реализации комплекса работ, составляющих содержание данной разработки. Расчёт сметной стоимости её выполнения производится по следующим статьям затрат:

- заработная плата;
- социальный налог;
- расходы на электроэнергию (без освещения);
- амортизационные отчисления;
- прочие, накладные расходы.

5.2.1 Расчёт заработной платы

Данная статья расходов включает заработную плату научного руководителя и инженера (в его роли выступает исполнитель проекта), а также премии, входящие в фонд заработной платы. Расчёт основной заработной платы выполняется на основе трудоёмкости выполнения каждого этапа и величины месячного оклада исполнителя. Оклад инженера принимается равным окладу соответствующего специалиста низшей квалификации в ТПУ.

Среднедневная тарифная заработная плата ($ЗП_{\text{дн-т}}$) рассчитывается по формуле.

$$ЗП_{\text{дн-г}} = МО/20,58, \quad (6)$$

учитывающей, что в году 247 рабочих дней и, следовательно, в месяце в среднем 20,58 рабочих дня.

Для случая шестидневной рабочей недели в году 300 рабочих дней, и, следовательно, в месяце в среднем 25 рабочих дней.

$$ЗП_{\text{дн-г}} = МО/25, \quad (7)$$

Расчёты затрат на полную заработную плату приведены в таблице 4. Затраты времени по каждому исполнителю в рабочих днях с округлением до целого взяты из таблицы 2. Для учёта в её составе премий, дополнительной зарплаты и районной надбавки используется следующий ряд коэффициентов: $K_{\text{ПР}} = 1,1$; $K_{\text{доп.ЗП}} = 1,113$; $K_{\text{р}} = 1,3$. Таким образом, для перехода от тарифной (базовой) суммы заработка исполнителя, связанной с участием в проекте, к соответствующему полному заработку (зарплатной части сметы) необходимо первую умножить на интегральный коэффициент $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,113 \cdot 1,3 = 1,59$. Данный показатель рассчитан для пятидневной рабочей недели. Для шестидневной применяется другой коэффициент дополнительной заработной платы, равный 1,188, соответственно $K_{\text{и}} = 1,1 \cdot 1,188 \cdot 1,3 = 1,70$.

Таблица 4– Затраты на заработную плату

Исполнитель	Оклад, руб./мес.	Среднедневная ставка, руб./раб. день	Затраты времени, раб. дни	Коэффициент	Фонд з/платы, руб.
НР	23 264,86	930,5944	22,00	1,70	34780,48
И	7 864,11	382,1239067	91,00	1,59	55344,8
Итого:					90125,28

5.2.2 Расчёт затрат на социальный налог

Затраты на единый социальный налог (ЕСН), включающий в себя отчисления в пенсионный фонд, на социальное и медицинское страхование, со-

ставляют 30% от полной заработной платы по проекту, т.е. $C_{\text{соц}} = K_{\text{соц}} \cdot C_{\text{осн}} C_{\text{соц}} = C_{\text{зп}} \cdot 0,3$. Итак, в нашем случае $C_{\text{соц}} = 90125,28 \cdot 0,3 = 27037,58$ руб.

5.2.3 Расчёт затрат на электроэнергию

Данный вид расходов включает в себя затраты на электроэнергию, потраченную в ходе выполнения проекта на работу используемого оборудования, рассчитываемые по формуле.

$$C_{\text{эл.об.}} = P_{\text{об}} \cdot t_{\text{об}} \cdot \text{Ц}_{\text{э}}, \quad (8)$$

где $P_{\text{об}}$ – мощность, потребляемая оборудованием, кВт;

$\text{Ц}_{\text{э}}$ – тариф на 1 кВт·час;

$t_{\text{об}}$ – время работы оборудования, час.

Для ТПУ $\text{Ц}_{\text{э}} = 5,257$ руб./кВт·час (с НДС).

Время работы оборудования вычисляется на основе итоговых данных таблицы 2 для инженера ($T_{\text{рд}}$) из расчёта, что продолжительность рабочего дня равна 8 часов

$$t_{\text{об}} = T_{\text{рд}} \cdot K_{\text{т}}, \quad (9)$$

где $K_{\text{т}} \leq 1$ – коэффициент использования оборудования по времени, равный отношению времени его работы в процессе выполнения проекта к $T_{\text{рд}}$, в данном случае приравнивается 0.6.

Мощность, потребляемая оборудованием, определяется по формуле 9.

$$P_{\text{об}} = P_{\text{ном.}} \cdot K_{\text{с}}, \quad (10)$$

где $P_{\text{ном.}}$ – номинальная мощность оборудования, кВт;

$K_{\text{с}} \leq 1$ – коэффициент загрузки, зависящий от средней степени использования номинальной мощности. Для технологического оборудования малой мощности $K_{\text{с}} = 1$.

Расчёт затраты на электроэнергию для технологических целей приведён в таблице 5.

Таблица 5– Затраты на электроэнергию технологическую

Наименование оборудования	Время работы оборудования $t_{об}$, час	Потребляемая мощность $P_{об}$, кВт	Затраты $\mathcal{E}_{об}$, руб.
Персональный компьютер	728 · 0,6	0,3	574,06
Итого:			574,06

5.2.4 Расчёт амортизационных расходов

В данном пункте рассчитывается амортизация используемого оборудования за время выполнения проекта.

Используется формула 10.

$$C_{AM} = \frac{H_A \cdot \mathcal{C}_{об} \cdot t_{рф} \cdot n}{F_D}, \quad (11)$$

где H_A – годовая норма амортизации единицы оборудования;

$\mathcal{C}_{об}$ – балансовая стоимость единицы оборудования с учётом ТЗР. При невозможности получить соответствующие данные из бухгалтерии она может быть заменена действующей ценой, содержащейся в ценниках, прейскурантах и т.п.;

F_D – действительный годовой фонд времени работы соответствующего оборудования, берётся из специальных справочников или фактического режима его использования в текущем календарном году.

$t_{рф}$ – фактическое время работы оборудования в ходе выполнения проекта, учитывается исполнителем проекта;

n – число задействованных однотипных единиц оборудования.

$$C_{AM} = \frac{0,33 \cdot 52000 \cdot 728 \cdot 1}{1976} = 6322,11$$

5.2.5 Расчёт прочих расходов

В данном пункте отражены расходы на выполнение проекта, которые не учтены в предыдущих статьях, их следует принять равными 10% от суммы всех предыдущих расходов, т.е.

$$C_{\text{проч.}} = (C_{\text{зп}} + C_{\text{соц}} + C_{\text{эл.об.}} + C_{\text{ам}}) \cdot 0,1, \quad (12)$$

Для данного примера это

$$C_{\text{проч.}} = (90125,28 + 27037,58 + 574,06 + 6322,11) \cdot 0,1 = 12405,90 \text{ руб.}$$

5.2.6 Расчёт общей себестоимости разработки

Проведя расчёт по всем статьям сметы затрат на разработку, можно определить общую себестоимость научно-исследовательской работы.

Таблица 6— Смета затрат на разработку проекта

Статья затрат	Условное обозначение	Сумма, руб.
Основная заработная плата	$C_{\text{зп}}$	90125,28
Отчисления в социальные фонды	$C_{\text{соц}}$	27037,58
Расходы на электроэнергию	$C_{\text{эл.}}$	574,06
Амортизационные отчисления	$C_{\text{ам}}$	6322,11
Прочие расходы	$C_{\text{проч}}$	12405,90
Итого:		124059,03

Таким образом, затраты на разработку составили $C = 124059,03$ руб.

5.2.7 Расчёт прибыли

Прибыль от реализации проекта в зависимости от конкретной ситуации (масштаб и характер получаемого результата, степень его определённости и коммерциализации, специфика целевого сегмента рынка и т.д.) может определяться различными способами. Из-за недостатка данных прибыль следует принять в размере 5 ÷ 20 % от полной себестоимости проекта. В данном случае она составляет 27292,99 руб. (20 %) от расходов на разработку проекта.

5.2.8 Расчёт НДС

НДС составляет 18% от суммы затрат на разработку и прибыли. В данном примере это $(124059,03 + 27292,99) \cdot 0,18 = 29476,43$ руб.

5.2.9 Цена разработки НИР

Цена равна сумме полной себестоимости, прибыли и НДС, в данном случае

$$C_{\text{НИР(КР)}} = 124059,03 + 27292,99 + 29476,43 = 193234,3 \text{ руб.}$$

5.3 Оценка экономической эффективности проекта

Рассматриваемая работа разрабатывалась специально для применения в АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва».

Количественная оценка невозможна ввиду недостатка информации и компетенции. Данная работа позволяет сократить временные затраты на проектирование и подготовку производства бортового программного обеспечения и обеспечит поддержку на ранних этапах жизненного цикла. Она позволит уменьшить время работы высококлассных и высокооплачиваемых специалистов за счёт возможности использовать наработки уже сформированной ранее документации и обнаружения специфичных для такой сферы ошибок (неправильно указанные диапазоны выделяемых ресурсов, попадание излишнего количества ресурсов в резерв и так далее).

В виду характера работы возможно сокращение цикла производства и уменьшение количества ошибок. Это достигается за счёт того, что пользователю проще формировать документы, и он меньше тратит время на необходимые бюрократические издержки, например, на собирание подписей в случае изменения документов из-за какой-либо ошибки, выявленной на более поздних этапах проектирования бортового программного обеспечения.

Можно сказать, что в данной работе оценка экономического эффекта приобретает форму экономии ресурсов и носит в первую очередь внутрисистемный характер, внесистемный характер оценить возможно, но это требует проведения большого количества сложных исследований.

5.3.1 Оценка научно-технического уровня НИР

Научно-технический уровень характеризует влияние проекта на уровень и динамику обеспечения научно-технического прогресса в данной области. Для оценки научной ценности, технической значимости и эффективности, планируемых и выполняемых НИР, используется метод балльных оценок. Балльная оценка заключается в том, что каждому фактору по принятой шкале присваивается определённое количество баллов. Обобщённую оценку проводят по сумме баллов по всем показателям. На её основе делается вывод о целесообразности НИР.

Сущность метода заключается в том, что на основе оценок признаков работы определяется интегральный показатель (индекс) её научно-технического уровня по формуле 15.

$$I_{\text{НТУ}} = \sum_{i=1}^3 R_i \cdot n_i, \quad (13)$$

где $I_{\text{НТУ}}$ – интегральный индекс научно-технического уровня;

R_i – весовой коэффициент i -го признака научно-технического эффекта;

n_i – количественная оценка i -го признака научно-технического эффекта, в баллах.

Для используемого в пособии примера частные оценки уровня n_i и их краткое обоснование даны в таблице 7.

Таблица 7– Оценки научно-технического уровня НИР

Значи- мость R_i	Фактор НТУ	Уровень фак- тора	Выбран- ный балл n_i	Обоснование вы- бранного балла
0,4	Уровень новизны	Относительно новая	4	Уменьшит потери времени пользовате- лям на выполнение рутинных задач
0,1	Теоретический уровень	Разработка про- граммы	1	Создание нового ви- да приложения для формирования доку- ментов
0,5	Возможность реа- лизации	В течение пер- вых лет	10	Возможность реали- зации в виде прило- жения в течение 1-2 лет

Отсюда интегральный показатель научно-технического уровня для те-
кущего проекта составляет:

$$K_{НТУ} = 0,5 \cdot 4 + 0,3 \cdot 6 + 0,2 \cdot 12 = 6,27$$

По полученному интегральному показателю данный проект имеет
средний уровень научно-технического эффекта.

6 СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

Введение

В данном разделе ВКР проанализирован объект исследования и выявлены основные техносферные опасности и вредности, оценена степень воздействия их на человека, общество и природную среду со стороны организации рабочих мест.

Во время разработки «Информационной системы поддержки процесса проектирования бортового программного обеспечения космического аппарата» выполнялись работы различного характера с информацией, проектирование и разработка информационной системы.

Данный вид работ непосредственно связан с вычислительной техникой: персональным компьютером, системами ввода и вывода информации. Данное взаимодействие связывает человека с дополнительным, вредным воздействием целой группы факторов, что существенно снижает производительность его труда.

Во время работы использовалось современное компьютерное оборудование, соответствующее международным требованиям безопасности. В качестве мониторов используется широкоформатный жидкокристаллический монитор AoC i2757Fh.

6.1 Производственная безопасность

Опасные и вредные факторы при выполнении работ по разработке информационной системы.

Таблица 8 – Опасные и вредные факторы на рабочем месте программиста

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа в помещении: 1) Работа за персональным компьютером	недостаточная освещённость рабочей зоны; повышенный уровень шума на рабочем месте; повышенный уровень электромагнитных излучений; отклонение показателей микроклимата в помещении.	повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; Возникновение пожара	СанПиН 2.2.4.548-96 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Санитарные правила и нормы» ГОСТ 12.1.004-91 ССБТ. Пожарная безопасность. Общие требования

6.1.1 Недостаточная освещённость рабочей зоны

Фактор может возникнуть из-за особенности рабочих мест пользователей компьютера при неправильно спроектированной системе освещения в помещении. При работе с компьютером возникает необходимость работы с носителями разного вида: тексты или графики на бумаге, но может быть и аналогичная информация, но на светящемся экране монитора. Экранное изображение существенным образом отличается от бумажного. Оно является светящимся, а не отражённым, имеет меньший контраст, непостоянно во времени и в пространстве, состоит из дискретных элементов – пикселей. Такая особенность источника информации, влияет на зрительную работоспособность и утомление. Дополнительной нагрузкой на орган зрения является необходимость постоянной переадаптации при перемещении взора с экрана на клавиатуру и бумажный носитель. Также пользователь компьютера должен быстро считывать информацию с бумажного носителя. [31]

Также может возникнуть в ситуации, когда на рабочем месте будет недостаточная освещённость, например, работа в вечернее время суток, расположение рабочего места далеко от окна.

Фактор способствует понижению эффективности и безопасности труда, повышает утомление и травматизм, уменьшает работоспособность.

Для корректирования неправильно спроектированной системы освещения необходимо рассчитать фактическую освещённость и сравнить с нормативной, сделав необходимые расчёты и выводы. [32]

В данной работе помещение представляет собой кабинет, офисное помещение. Норма освещённости представлена в таблице 2. [33]

Таблица 9 – Норма освещённости для данного вида работ (по СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03)

Помещения	Рабочая поверхность и плоскость нормирования КЕО и освещённости и высота плоскости над полом, м	Совмещённое освещение		Искусственное освещение		
		КЕО $E_{\text{н}}$, %		Освещённость, лк		
		при верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	при комбинированном освещении		при общем освещении
				все-го	от общего	
Кабинеты, рабочие комнаты, офисы, представительства	0,8 (горизонтальная)	1,8	0,6	400	200	300

Для помещения, в котором производилась разработка, выбрана система комбинированного освещения, включающая общее равномерное освещение с использованием осветительных приборов, устанавливаемых на потолке, и местное освещение с использованием настольных ламп. Далее рассчитывается общее равномерное освещение.

Для освещения помещения выбраны наиболее широко применяемые лампы люминесцентные ртутные для общего освещения белого света (ЛБ) с мощностью 40 Вт и световым потоком $\Phi = 2480$ Лм. [34]

Для освещения помещения были выбраны встраиваемые светильники размером 750 мм в ширину и 750 мм в длину, использующем 4 лампы.

Для создания благоприятных зрительных условий на рабочем месте, для борьбы со слепящим действием источников света введены требования ограничения наименьшей высоты светильников над полом. Размещение светильников в помещении определяется следующими размерами, указанными на рисунке 36:

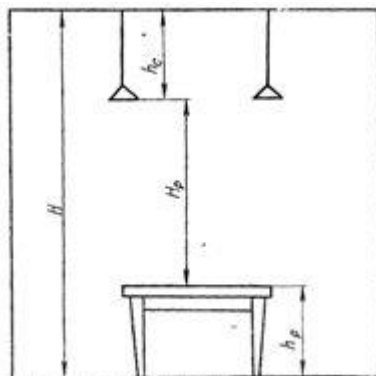


Рисунок 36 – Схема размещения светильников

- H – высота помещения = 2,66 м;
- h_c – расстояние светильников от перекрытия (свес) = 0 м;
- $h_n = H - h_c$ – высота светильника над полом, высота подвеса = 2,66 м;
- h_p – высота рабочей поверхности над полом = 0,75 м;
- $h = h_n - h_p$ – расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью = 1,91 м.

Расстояние между светильниками L определяется как, в данной работе $\lambda = 1,1$ в связи с используемыми светильниками.

$$L = \lambda \cdot h = 1,1 \cdot 1,91 = 2,101 \text{ м.}$$

Расстояние от крайних светильников или рядов до стены:

$$I = L/3 = 2,10/3 = 0,7 \text{ м.}$$

Используя один из наилучших способов размещения светильников по сторонам квадрата и оптимальное расстояние светильников от стены, разместим светильники в один ряд по два. При этом расстояние между светильниками, учитывая размеры помещения, возьмём равным 2,1 м. Примерный план расположения светильников в помещении изображён на рисунке 37. Помещение учитывалось длиной 5,25 м, и шириной 2,4 м. Учитывая, что в каждом светильнике установлено четыре лампы, общее число ламп в помещении $n = 8$.

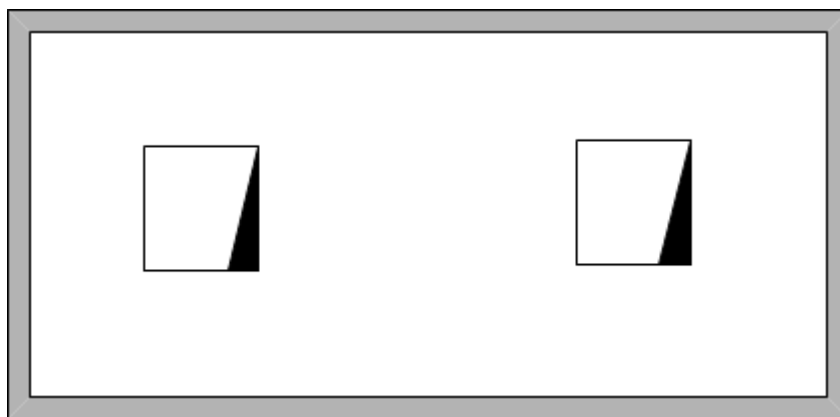


Рисунок 37 – План расположения светильников в помещении

Согласно [35] нормируемая минимальная освещённость в соответствии с IV разрядом зрительной работы, большой контрастностью и светлым фоном равна 400 лк, в том числе от общего освещения 200 лк.

Расчёт общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента светового потока, учитывающим световой поток, отражённый от потолка и стен.

Необходимо рассчитать фактическую освещённость по следующей формуле:

$$E_{\Phi} = \frac{\Phi \cdot n \cdot \eta}{S \cdot K_3 \cdot Z}$$

Где K_3 – коэффициент запаса, определяется из СНиП 23-05-9, в данной работе принят за 1,2.

S – площадь освещаемого помещения, m^2 .

Z – коэффициент неравномерности освещения, для люминесцентных ламп при расчётах берётся равным 1,1.

n – число светильников.

η – коэффициент использования светового потока.

Φ – световой поток лампы.

Индекс помещения определяется по формуле:

$$i = \frac{S}{h \cdot (a + b)} = \frac{12,6}{1,91 \cdot (5,25 + 2,4)} = 0,86$$

Коэффициенты отражения оцениваются субъективно, в данной работе взяты следующие значения.

$\rho_c = 30\%$ (стены оклеены светлыми обоями);

$\rho_n = 50\%$ (потолок чистый бетонный);

Значения коэффициента использования светового потока η определяются исходя из коэффициентов отражения, в данном случае он равен 0,41.

После подстановки значений получается:

$$E_{\Phi} = \frac{2480 \cdot 8 \cdot 0,41}{12,6 \cdot 1,2 \cdot 1,1} = 479,1 \text{ лк}$$

Погрешность вычисляется по следующей формуле:

$$-20\% \leq \frac{E_{\text{станд}} - E_{\text{рас}}}{E_{\text{станд}}} \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-20\% \leq \frac{400 - 479,1}{400} \cdot 100\% \leq +20\%$$

$$-20\% \leq 19.75\% \leq +20\%$$

Фактическая освещённость входит в допустимую норму и никаких изменений в мощности, количестве и расположении ламп не требуется.

6.1.2 Повышенный уровень шума на рабочем месте

Основным источником шума являются печатающие устройства, установки для кондиционирования воздуха, а в вычислительных машинах – шум вентилятора, шум от работы жёсткого диска, шум от вибрации внутренних элементов компьютера.

Работающие в условиях длительного шумового воздействия испытывают раздражительность, головные боли, головокружение, снижение памяти, повышенную утомляемость, понижение аппетита, боли в ушах. [36]

В производственных помещениях при выполнении основных или вспомогательных работ с использованием ПЭВМ уровни звука на рабочих местах не должны превышать предельно допустимых значений, установленных в соответствии с действующими санитарно-эпидемиологическими нормативами [37]. Уровень звука на рабочих местах, связанных с творческой деятельностью, руководящей работой с повышенными требованиями, научной деятельностью, конструированием и проектированием, программированием, преподаванием и обучением не должен превышать 50 дБА (таблица 3) [38].

Таблица 10 – Предельно допустимые уровни звукового давления (СНиП 2.2.4/2.1.8.562-96)

Вид трудовой деятельности, рабочее место	Уровни звука и эквивалентного звука (в дБА)
Творческая деятельность, руководящая работа с повышенными требованиями, научная деятельность, конструирование и проектирование, программирование, преподавание и обучение, врачебная деятельность. Рабочие места в помещениях дирекции, проектно-конструкторских бюро, расчётчиков, программистов вычислительных машин, в лабораториях для теоретических работ и обработки данных, приёма больных в здравпунктах	50

Во время работы не следует оставлять корпус компьютера открытым. Необходимо постоянно производить чистку и ремонт вентиляторов систем охлаждения, в случае их поломки производить своевременную замену. Нормированные уровни шума обеспечиваются при использовании малошумного оборудования, замены составляющих компьютера, которые создают шумы на рабочем месте. [39]

6.1.3 Повышенный уровень электромагнитных излучений

В данной работе источником электромагнитного излучения является несколько устройств, такие как системный блок компьютера и монитор.

Излучения электромагнитного диапазона при определённых уровнях могут оказывать отрицательное воздействие на организм человека. Различные виды неионизирующих излучений (электромагнитных полей, ЭМП) оказывают разное физиологическое воздействие. [40]

Согласно [39] нормы напряжённости электромагнитного поля указаны в таблице 4:

Таблица 11 – Нормы напряжённости электромагнитного поля (по СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03)

Наименование параметров	Допустимые значения
Напряжённость электромагнитного поля на расстоянии 50 см. вокруг ВДТ по электрической составляющей должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	25 В/м 2.5 В/м
Плотность магнитного потока должна быть не более: в диапазоне частот 5 Гц – 2 кГц в диапазоне частот 2 – 400 кГц	250 нТл 25 нТл
Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать	500 В

Средством защиты можно обозначить замену устаревших электронно-лучевых мониторов на жидкокристаллические, которые испускают незначительное количество электромагнитного излучения.

Также возможно использование защитных очков со спектральными фильтрами, разрешённых Минздравом России для работы с ПЭВМ. [39]

6.1.4 Отклонение показателей микроклимата в помещении

Показателями, характеризующими микроклимат в производственных помещениях, являются:

- температура воздуха;
- относительная влажность воздуха;
- скорость движения воздуха;
- интенсивность теплового облучения.

Нарушение теплового баланса человека с окружающей средой

Работа на компьютере относится к категории Ia - работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением [41].

В производственных помещениях, в которых работа на компьютере является основной, обеспечиваются оптимальные параметры микроклимата [39] (таблица 5).

Таблица 12 – Оптимальные величины показателей микроклимата для категории работ Ia (по СанПиН 2.2.4.548-96)

Период года	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с
Холодный	22-24	21-25	40-60	не более 0,1
Тёплый	23-25	22-26	40-60	не более 0,1

К мероприятиям по оздоровлению воздушной среды в производственном помещении относятся правильная организация вентиляции и кондиционирования воздуха, отопление помещений. Вентиляция может осуществляться естественным и механическим путём. В зимнее время в помещении необходимо предусмотреть систему отопления. Она должна обеспечивать достаточное, постоянное и равномерное нагревание воздуха. В помещениях с повышенными требованиями к чистоте воздуха должно использоваться водяное отопление. [42]

6.1.5 Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека

Этот фактор может проявиться при нарушении целостности электрической цепи. Данный фактор представляет опасность, так как организм человека состоит из большого количества солей и жидкости, что является хорошим проводником электричества, поэтому действие электрического тока на организм человека может быть летальным. [43]

При разработке используются приборы, потребляющие напряжение 220В переменного тока с частотой 50Гц. Это напряжение опасно для жизни. [44]

Для защиты от поражения электрическим током все токоведущие части должны быть защищены от случайных прикосновений кожухами, корпус устройства должен быть заземлён. Питание устройства должно осуществляться от силового щита через автоматический предохранитель, который

срабатывает при коротком замыкании нагрузки. Для снижения величин возникающих разрядов целесообразно применение покрытия из антистатического материала [45].

6.1.6 Возникновение пожара

Возникновение пожара в помещении может обуславливаться следующими факторами:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгоранием устройств искусственного освещения.

Данный фактор характеризуется возможностью отравления угарным газом, получением ожогов различной степени, летальный исход. [46]

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ–2. [47]

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

6.2 Экологическая безопасность

При эксплуатации персонального компьютера не возникает сколько-нибудь заметного воздействия на окружающую среду. Действие опасных и вредных факторов, описанных выше, ограничивается пределами помещений, в которых установлена вычислительная техника.

Ртутные лампы, люминесцентные ртутьсодержащие трубки отработанные (код отхода 35330100 13 01 1); класс опасности отхода – 1; агрегатное состояние: готовое изделие, потерявшее потребительское свойство; опасное свойство – токсичность [48]. Эксплуатация люминесцентных ламп требует осторожности и чёткого выполнения инструкции по обращению с данным отходом. Опасное вещество ртуть содержится в лампе в газообразном состоянии. Вдыхание паров ртути может привести к тяжёлому повреждению здоровья. При перегорании ртутьсодержащей лампы (выходе из строя) её замену осуществляет лицо, ответственное за сбор и хранение ламп (обученное по электробезопасности и правилам обращения с отходом). Отработанные люминесцентные лампы сдаются только на полигон токсичных отходов для меркуризации и захоронения. Запрещается сваливать отработанные люминесцентные лампы с мусором [49].

Воздействия на литосферу, гидросферу и атмосферу нет.

6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Наиболее вероятной ЧС в рамках помещения является пожар.

Возникновение пожара в помещении может обуславливаться следующими факторами:

- возникновением короткого замыкания в электропроводке вследствие неисправности самой проводки или электросоединений и электрораспределительных щитов;
- возгоранием устройств вычислительной аппаратуры вследствие нарушения изоляции или неисправности самой аппаратуры;
- возгоранием мебели или пола по причине нарушения правил пожарной безопасности, а также неправильного использования дополнительных бытовых электроприборов и электроустановок;
- возгоранием устройств искусственного освещения.

Для предупреждения пожаров от коротких замыканий и перегрузок необходимы правильный выбор, монтаж и соблюдение установленного режима эксплуатации электрических сетей, дисплеев и других электрических средств автоматизации.

Для предупреждения возникновения пожара необходимо соблюдать следующие правила пожарной безопасности:

- исключение образования горючей среды (герметизация оборудования, контроль воздушной среды, рабочая и аварийная вентиляция);
- применение при строительстве и отделке зданий негорюемых или трудно сгораемых материалов.

Необходимо в офисе проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:

- противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
- обучение персонала правилам техники безопасности;
- издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

Эксплуатационные мероприятия:

- соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
- обеспечение свободного подхода к оборудованию;

Технические мероприятия:

- Профилактический осмотр, ремонт и испытание оборудования [50].
- Соблюдение противопожарных мероприятий при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения.

В помещении имеется порошковый огнетушитель типа ОУ–2, установлен рубильник, обесточивающий все помещение, на стене приведён план эвакуации в случае пожара, и на достигаемом расстоянии находится пожарный

щит. Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться углекислотные огнетушители типа ОУ–2.

Кроме устранения самого очага пожара, нужно своевременно организовать эвакуацию людей.

6.4 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Большое значение для профилактики статических физических перегрузок имеет правильная организация рабочего места человека, работающего с ПЭВМ. Рабочее место должно быть организовано в соответствии с требованиями стандартов, технических условий и (или) методических указаний по безопасности труда. Конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления, средства отображения информации и т.д.) должны соответствовать антропометрическим, физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы.

Рабочие места с персональными компьютерами при выполнении творческой работы, требующей значительного умственного напряжения или высокой концентрации внимания, рекомендуется изолировать друг от друга перегородками высотой 1,5 - 2,0 м. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600 - 700 мм, но не ближе 500 мм с учётом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Конструкция рабочего стола должна обеспечивать оптимальное размещение на рабочей поверхности используемого оборудования с учётом его количества и конструктивных особенностей, характера выполняемой работы.

Конструкция рабочего стула (кресла) должна обеспечивать поддержание рациональной рабочей позы при работе на персональным компьютером, позволять изменять позу с целью снижения статического напряжения мышц шейно-плечевой области и спины для предупреждения развития утомления. Тип рабочего стула (кресла) следует выбирать с учётом роста пользователя,

характера и продолжительности работы с персональным компьютером. Рабочий стул (кресло) должен быть подъёмно-поворотным, регулируемым по высоте и углам наклона сиденья и спинки, а также расстоянию спинки от переднего края сиденья, при этом регулировка каждого параметра должна быть независимой, легко осуществляемой и иметь надёжную фиксацию. Поверхность сиденья, спинки и других элементов стула (кресла) должна быть полумягкой, с нескользящим, слабо электризующимся и воздухопроницаемым покрытием, обеспечивающим лёгкую очистку от загрязнений [39].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения магистерской диссертации была разработана информационная система автоматизированного проектирования бортового программного обеспечения, которая полностью соответствует необходимому для решения задач функционалу.

САПР БПО и её внедрение в состав ТКПП БПО является ключом к формированию единого автоматизированного процесса разработки и сопровождения БПО. Эта работа позволит вывести на качественно новый уровень автоматизацию жизненного цикла создаваемых изделий и значительно ускорить проектирование и отладку БПО.

Ближайшими задачами по развитию и усовершенствованию функционала САПР БПО должна стать его доработка в рамках существующего процесса, т.е. расширение функционала на операции, выполняемые при проектировании на уровне систем и на уровне компонент. Помимо решения задач в рамках проектирования, в будущем, САПР БПО возможно использовать в процессе сопровождения изделий: выполнять на основе информации, хранимой в системе, сравнительные анализы БПО готовых спутников, извлекать статистические данные, выполнять контроль за вносимыми на этапе сопровождения изменениями в БПО.

Дальнейшим вектором развития САПР БПО должны стать задачи по тесной интеграции его со всеми средствами ТКПП БПО, организации протоколов взаимообмена информацией, созданию единых хранилищ данных всего процесса разработки и сопровождения БПО. Таким образом, единая информационная среда создания и сопровождения БПО должна формироваться не просто как совокупность программных средств, а строиться как программное ядро, интегрирующее все программные комплексы проектирования, отладки и сопровождения БПО.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ СТУДЕНТА

1. **Асмоловский, В.В.**, Мартынов Я.А. Обзор методов автоматизированной генерации документов Microsoft Word: Сборник трудов XII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – 251 с.

2. **Асмоловский В.В.**, Мартынов Я.А. Преимущества использования многоуровневой клиент-серверной архитектуры при разработке корпоративных приложений: Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных «Молодёжь и современные информационные технологии». Томск, 12 - 14 ноября 2014 г. – Томск: Изд-во ТПУ. – Т. 2 – 320 с.

3. **Асмоловский В. В.**, Мартынов Я.А. Методы версионирования баз данных при разработке информационных систем: Сборник трудов XIII Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных / Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 274 с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Информационные спутниковые системы [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационные_спутниковые_системы, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
2. Спутниковая связь [Электронный ресурс] URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/capabilities>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
3. Направления деятельности [Электронный ресурс] URL: <https://www.iss-reshetnev.ru/about/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
4. Цапко Г.П., Мартынов Я.А. Единая информационная среда создания и сопровождения бортового программного обеспечения спутников навигации и связи [Текст]/Цапко Г.П.// Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. 2015. -№ 3. - С.97.
5. Жизненный цикл программного обеспечения [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Жизненный_цикл_программного_обеспечения, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
6. ГОСТ 34.601-90 АС. Стадии создания. - Москва: Изд-во стандартов, 1990. – 7 с.
7. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-2010. Информационная технология. Системная и программная инженерия. Процессы жизненного цикла программных средств. - Москва: Изд-во стандартов, 2010. - 76 с.
8. ISO/IEC 12207:2008 «System and software engineering — Software life cycle processes». 2008. - 122 с.
9. Братищенко, В. В. Проектирование информационных систем / В. В. Братищенко. - Иркутск: БГУЭП, 2004. - 87 с.
10. Грекул В. И. Проектирование информационных систем / В. И. Грекул, Г. Н. Денищенко, Н. Л. Коровкина. - Москва, 2005. - 303 с.
11. Проектирование программного обеспечения [Электронный ресурс] URL:

https://ru.wikipedia.org/wiki/Проектирование_программного_обеспечения, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

12. CASE [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CASE>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

13. .NET Framework [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/.NET_Framework, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

14. Microsoft Visual Studio [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Microsoft_Visual_Studio, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

15. SQL Server Management Studio [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/SQL_Server_Management_Studio, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

16. A free Mercurial and Git client for Windows [Электронный ресурс] URL: <https://ru.atlassian.com/software/sourcetree/overview/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

17. NuGet [Электронный ресурс] URL: <https://en.wikipedia.org/wiki/NuGet>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

18. AutoMapper [Электронный ресурс] URL: <http://automapper.org/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

19. CommonServiceLocator [Электронный ресурс] URL: <https://commonservicelocator.codeplex.com/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

20. DocumentFormat.OpenXml [Электронный ресурс] URL: <https://www.nuget.org/packages/DocumentFormat.OpenXml/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

21. Entity Framework [Электронный ресурс] URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/data/ef.aspx>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

22. Managing DbContext the right way with Entity Framework 6: an in-depth guide [Электронный ресурс] URL: <http://mehdi.me/ambient-dbcontext-in-ef6/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

23. Windows API Code Pack for .NET Framework [Электронный ресурс] URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/SoftMicrosoft/WindowsAPICodePack.aspx>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

24. MVVM Light Toolkit [Электронный ресурс] URL: <http://www.mvmlight.net/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

25. NLog [Электронный ресурс] URL: <http://nlog-project.org/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

26. PowerTools for Open XML [Электронный ресурс] URL: <https://powertools.codeplex.com/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

27. Unity Container [Электронный ресурс] URL: <https://msdn.microsoft.com/ru-ru/library/ff647202.aspx>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. англ.

28. Entity Framework Code First [Электронный ресурс] URL: <https://habrahabr.ru/post/277915/>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

29. Internet Information Services [Электронный ресурс] URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Internet_Information_Services, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

30. CRUD [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/CRUD>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

31. Астенопия [Электронный ресурс] URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Астенопия>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

32. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1278-03. Гигиенические требования к естественному, искусственному и совмещённому освещению жилых и общественных зданий. Москва, 2003. - 26 с.

33. Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск: Изд. ТПУ, 2000. – 12 с.
34. Люминесцентные лампы и их характеристики [Электронный ресурс] URL: <http://cxeм.net/sprav/sprav115.php>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
35. СП 52.13330.2011 Естественное и искусственное освещение. Москва, 2011. - 75 с.
36. ГОСТ Р ИСО 9612-2013. Акустика. Измерения шума для оценки его воздействия на человека. Метод измерений на рабочих местах. Москва: Стандартинформ, 2014. - 42 с.
37. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: с изменениями от 25 апреля 2007 г. – Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003. - 56 с.
38. СНиП 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки. – Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1996.
39. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы: с изменениями от 25 апреля 2007 г. – Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 2003.
40. Электромагнитное поле и его влияние на здоровье человека [Электронный ресурс] URL: http://www.it-med.ru/library/ie/el_magn_field.htm, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
41. СанПиН 2.2.4.548-96 Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. Москва: Информационно-издательский центр Минздрава России, 1997.
42. СНиП 2.04.05-91. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Москва, 1999. - 71 с.

43. Действие электрического тока на организм человека [Электронный ресурс] URL: <http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnost-zhiznedeyatelnosti/vozdeystvie-elektricheskogo-toka-na-cheloveka.html>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

44. ГОСТ 12.1.038-82. Система стандартов безопасности труда. Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. Москва, 1988. - 7 с.

45. Правила устройства электроустановок: издание седьмое. – 2002.

46. Влияние развития пожара на человека [Электронный ресурс] URL: http://ohranatruda.ru/ot_biblio/articles/146202/, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

47. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ

48. Федеральный классификационный каталог отходов [Электронный ресурс] URL: <http://www.ecoguild.ru/faq/fedwastecatalog.htm>, свободный. - Загл. с экрана. - Яз. рус.

49. Об утверждении правил обращения с отходами производства и потребления в части осветительных устройств, электрических ламп, ненадлежащие сбор, накопление, использование, обезвреживание, транспортирование и размещение которых может повлечь причинение вреда жизни, здоровью граждан, вреда животным, растениям и окружающей среде: Постановление Правительства Российской Федерации от 3 сентября 2010 года № 681

50. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности: Федеральный закон от 22 июля 2008 года N 123-ФЗ

Приложение А

Раздел 4.2

Демонстрация работы приложения

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8ВМ4Г	Асмоловский Владимир Валерьевич		

Консультант кафедры АИКС:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Ефремов Александр Александрович	-		

Консультант – лингвист кафедры ИЯИК:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Заведующий кафедрой	Сидоренко Татьяна Валерьевна	к. п. н.		

4.2 Showcase the application work

A Client of CAD BS is a typical desktop application, which is shown in figure 1.

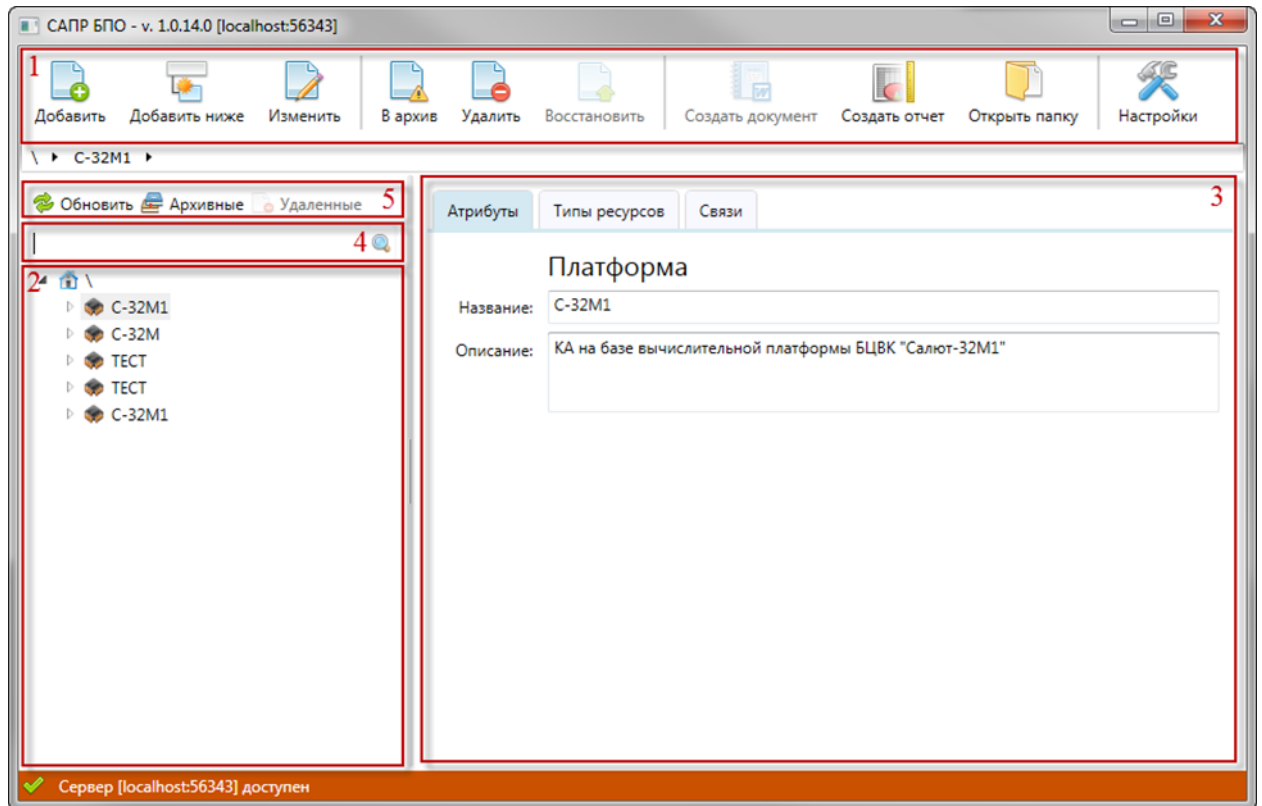


Figure 1 – Main window of CAD BS client

The user interface consists of five main parts, marked on the figure:

- 6 A toolbar with the control buttons and a breadcrumb.
- 7 A hierarchical representation of entities as a navigation tree.
- 8 The detailed information about the entity.
- 9 A search bar.
- 10 A control panel of a navigation tree.

The Main window has a status bar, which shows the availability of a server and its address. Also the main window has a breadcrumb, which shows the same information as a navigation tree and allows a user to choose a previous and next element from the hierarchy, as shown in figure 2.

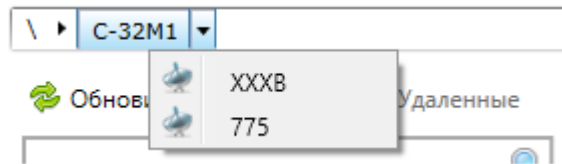


Figure 2 – Breadcrumb disclosure

CAD BS allows the user to execute various operations, some of them are considered below.

4.2.1 Navigation in a navigation tree

Opening of the child tree node elements is shown in figure 3.

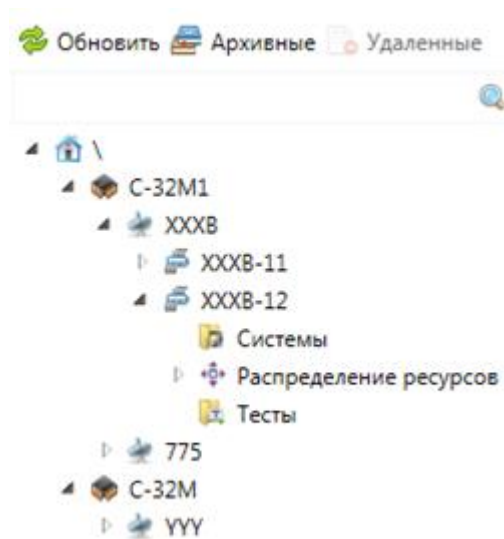


Figure 3 – Opening of the child elements

When the user selects an item in the navigation tree, its detailed information is shown in the right panel, as shown in figure 4.

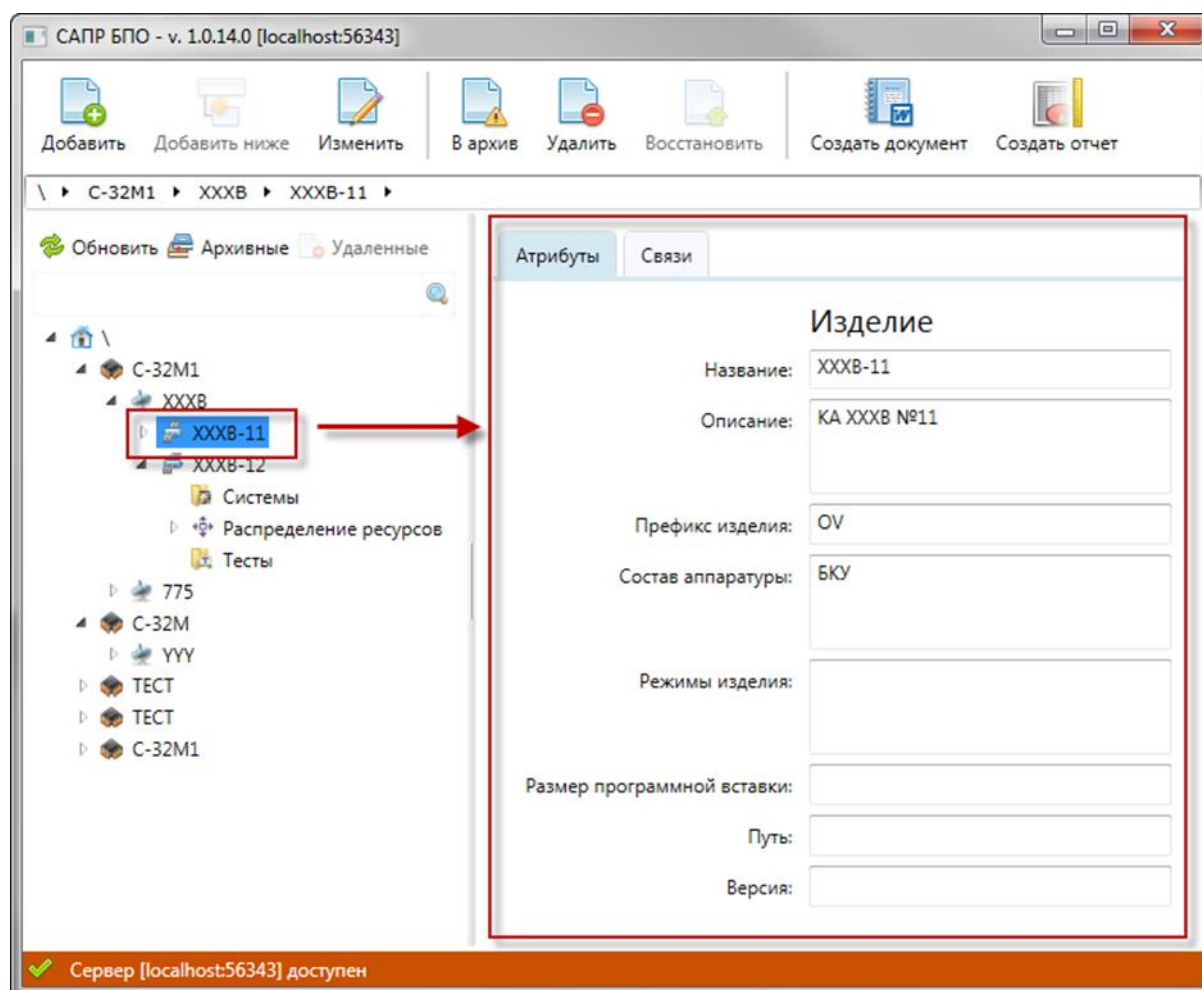


Figure 4 – Detailed information about the entity

Each entity has its own detailed information and a set of tabs. Most of the entities have an “Attributes” tab.

4.2.2 CAD BS entities control

The CAD BS supports CRUD (create, read, update, delete) operations for entities. Deleting, due to the specifics of the subject area was implemented with the additional conditions.

4.2.2.1 Entity creation

Creating of the entity could be done by one of the two ways: by using the context menu in the navigation tree or by a toolbar. The User can create the element either on the current level or on the level below by using some buttons, as shown in figure 5.

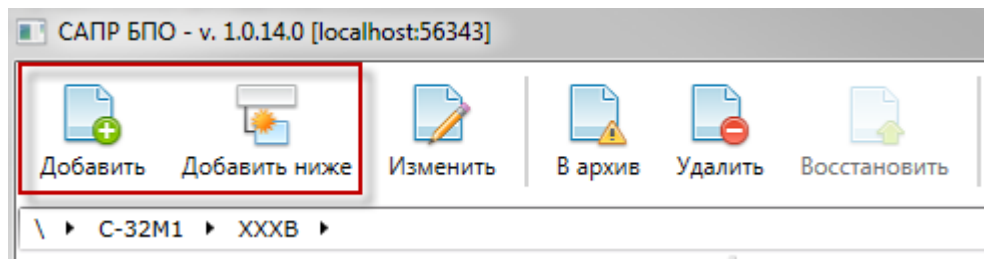


Figure 5 – Creating of the entity

Some types of the entities do not support both ways of creating a new element. A Folder has only one option “Add below”, and the button “Add” is disabled. When the user starts to create entity, he can see not the panel with the detailed information as shown in figure 6.

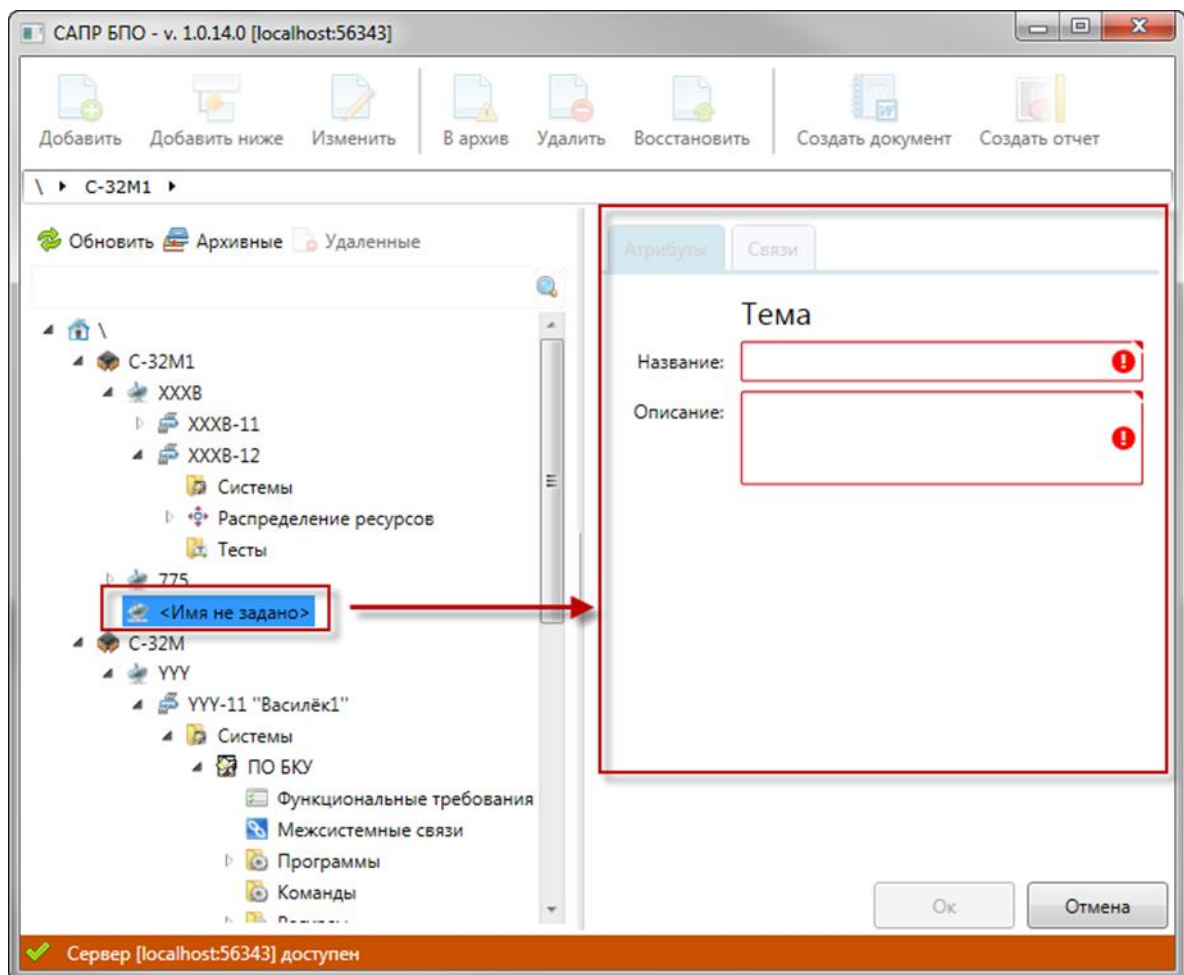


Figure 6 – Filling the attributes of a new entity

When the user creates a new entity, the required attributes are distinguished by a red frame. While these attributes are not filled, the “OK” button is disabled.

When the user clicks on “Cancel” a new element of the navigation tree are removed and the user returns to the previous element.

After filling out the required attributes and the confirmation of the changes of the created object appears in the tree.

CAD BS has a large amount of data which can be shown in a tabular form. When the user clicks on a folder in the navigation tree the detailed panel shows all the child elements. The User also can create entity through the tabular form, as shown in figure 7.

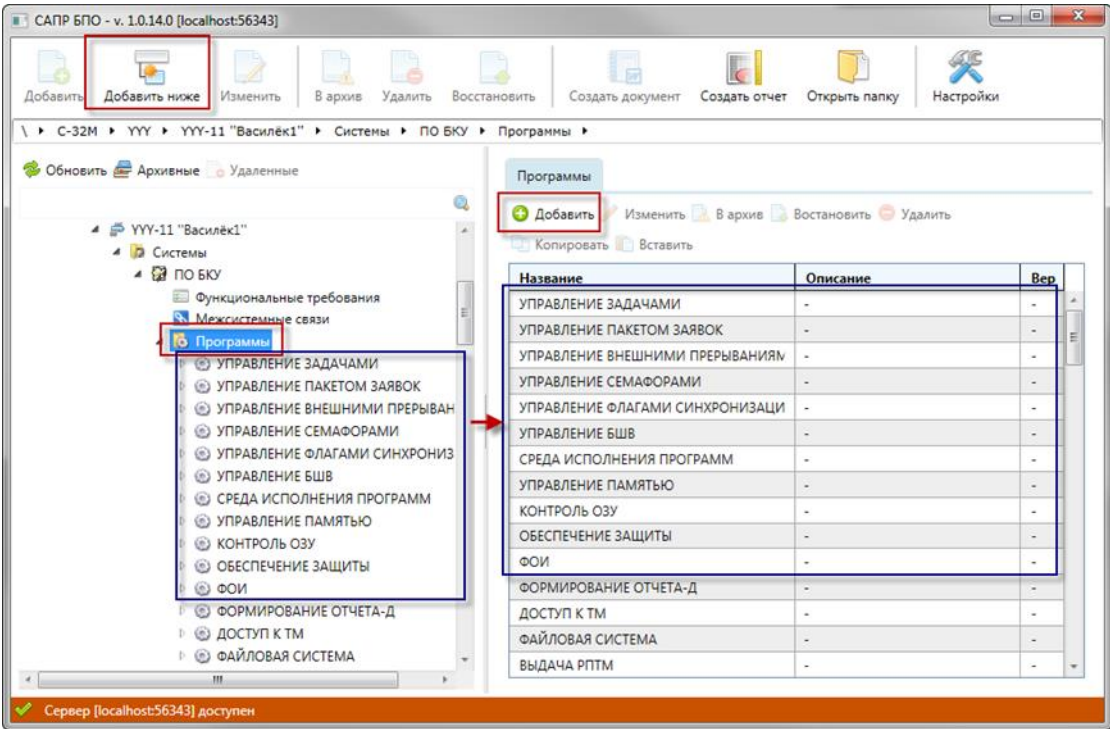


Figure 7 – Toolbar of the table

After clicking on “Add” the user can see the detailed information in the separate window, as shown in figure 8.

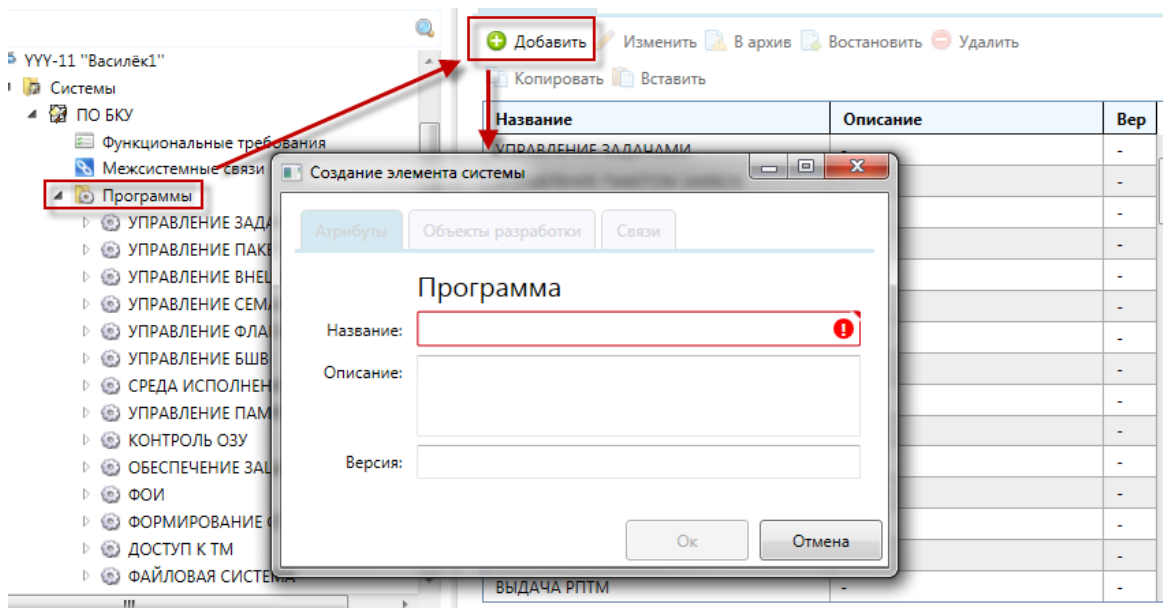


Figure 8 – Adding a new object through a table

After filling out the required fields and clicking “OK”, an object appears in the table and in the navigation tree.

4.2.2.2 Updating of the entity

Similarly to the creation of the entity the user can update the entity either in a toolbar or in the context menu of the navigation tree. If entity has the tabular form the user can use it.

After activating the editing mode, the user can change data in the entity fields, as shown in figure 9.

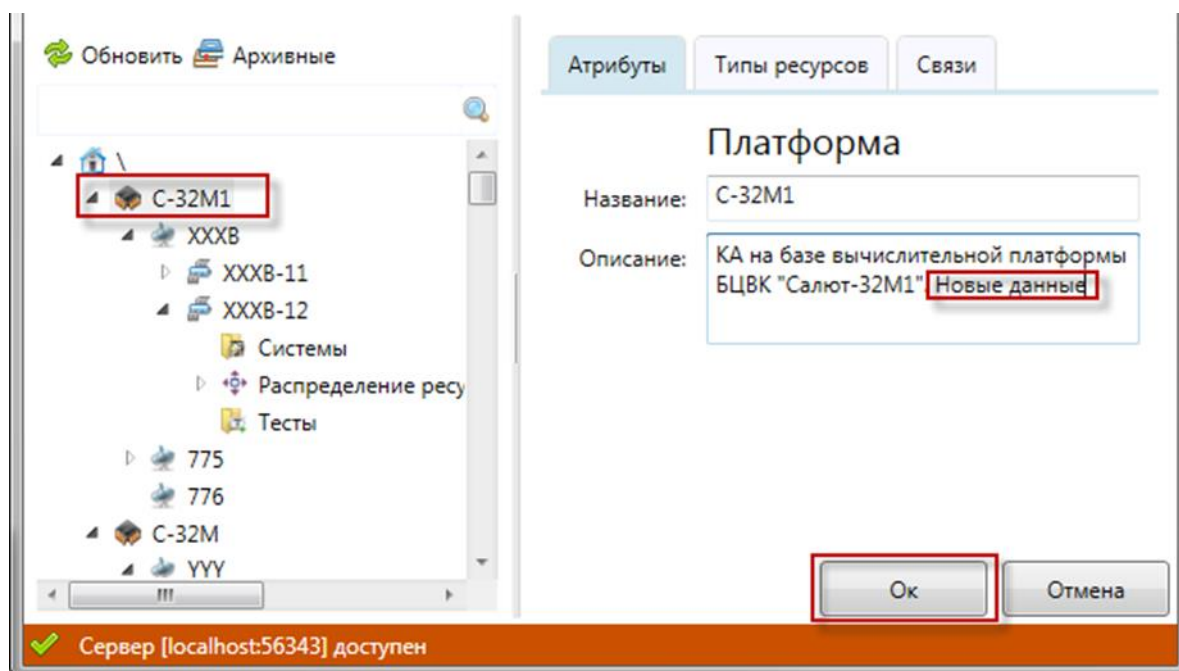


Figure 9 – Changing of the entity

The User needs to click “OK” to save all changes.

4.2.2.3 Deleting of the entity

When the user deletes the object, it changes the state “to archive” or “to delete”. Deleting of the objects applies to all child elements.

Adding to archive can be made by clicking “To archive” in the context menu or on the toolbar. To display archived entity in the navigation tree the user can choose “Archived” on the control panel of the navigation tree. Archived entity can be restored. In the navigation tree such objects are shown in grey color, as shown in figure 10.

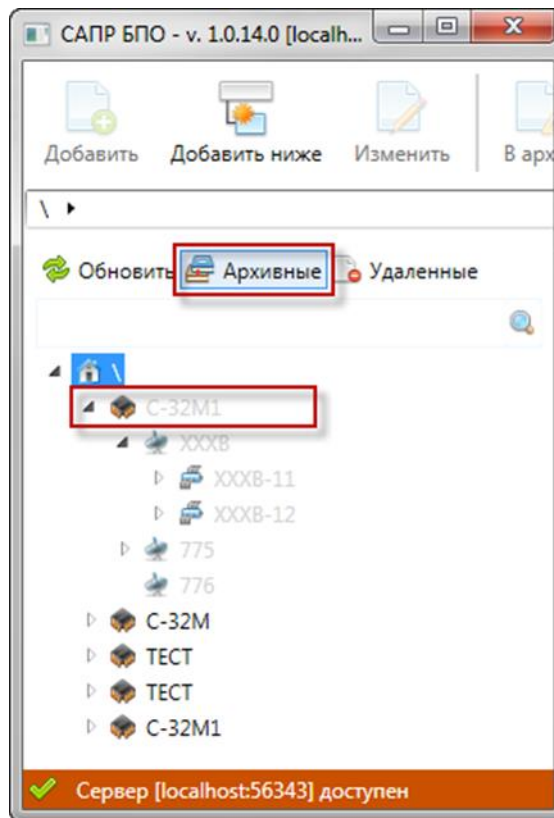


Figure 10 – Archived object in the navigation tree

After changing the state of the entity to “Deleted” the user cannot change or restore it. To display deleted entity in navigation tree user can choose “Deleted” on the control panel of the navigation tree. In the navigation tree such objects are shown in red, as shown in figure 11.

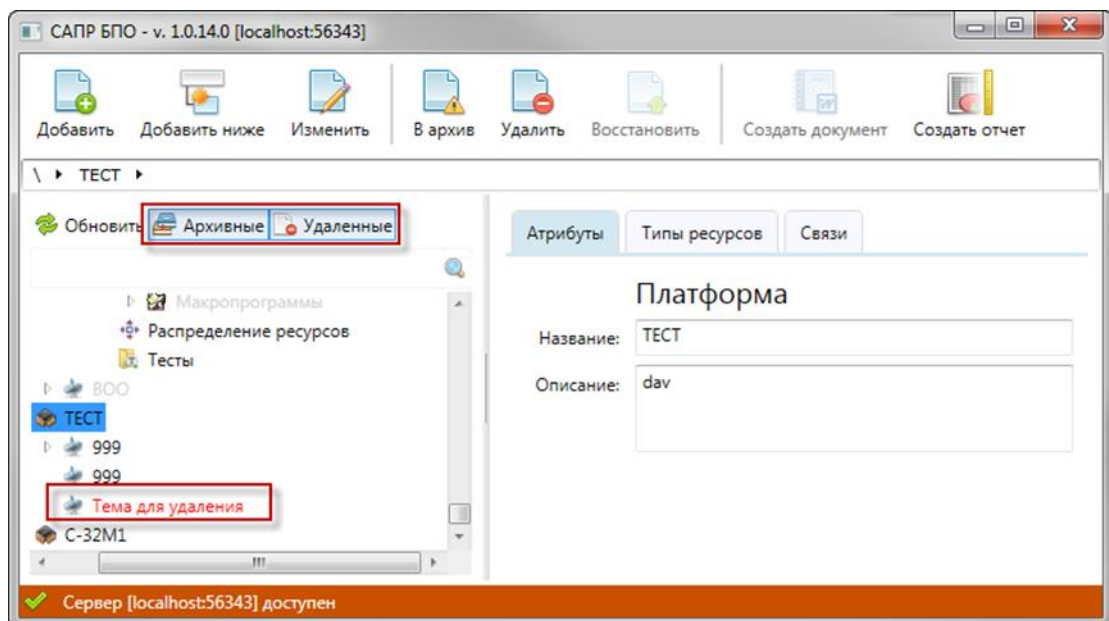


Figure 11 – Deleted object in the navigation tree

4.2.3 Copying of the entity

The CAD BS supports copying. To copy object the user needs to use the context menu or hotkey “Ctrl + C”. The context menu is shown in figure 12.

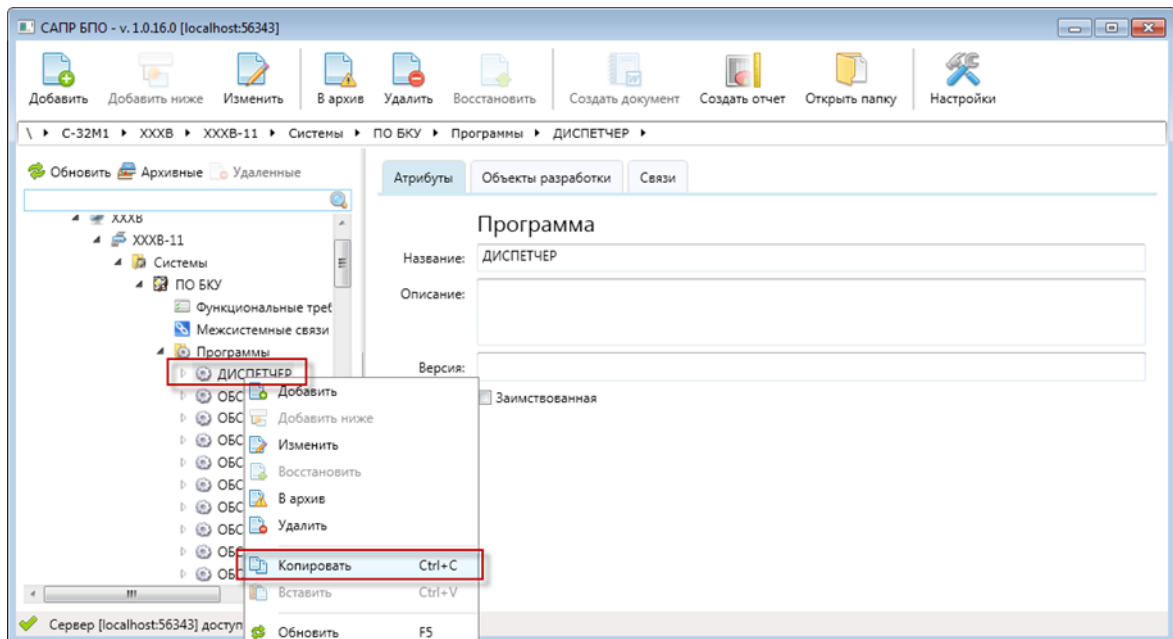


Figure 12 – Copying in context menu

After successful insertion of the object necessary information will be duplicated in the new entity and a new node appears in the tree. If something goes wrong the user can see error as it is shown in figure 13.

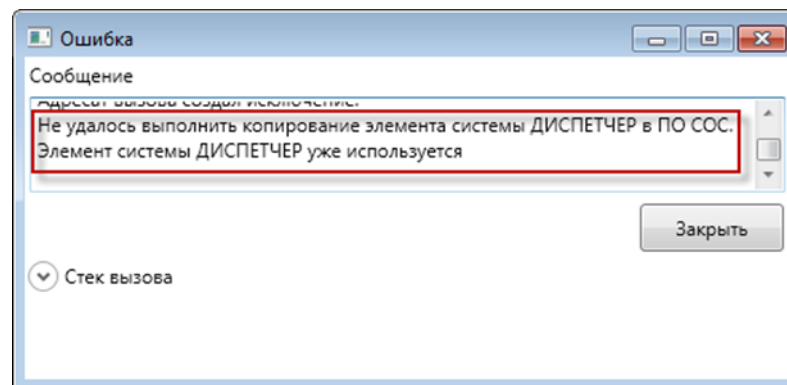


Figure 13 – Error of pasting

From the error text the user can understand what he should change to be able to copy entity.

4.2.4 Resource management

One of the most important functions in the CAD BS is the possibility of resource management. User can distribute resource on the satellite only if the type of the resource selected to the platform. Choosing of the resources type to the platform is shown in figure 14.

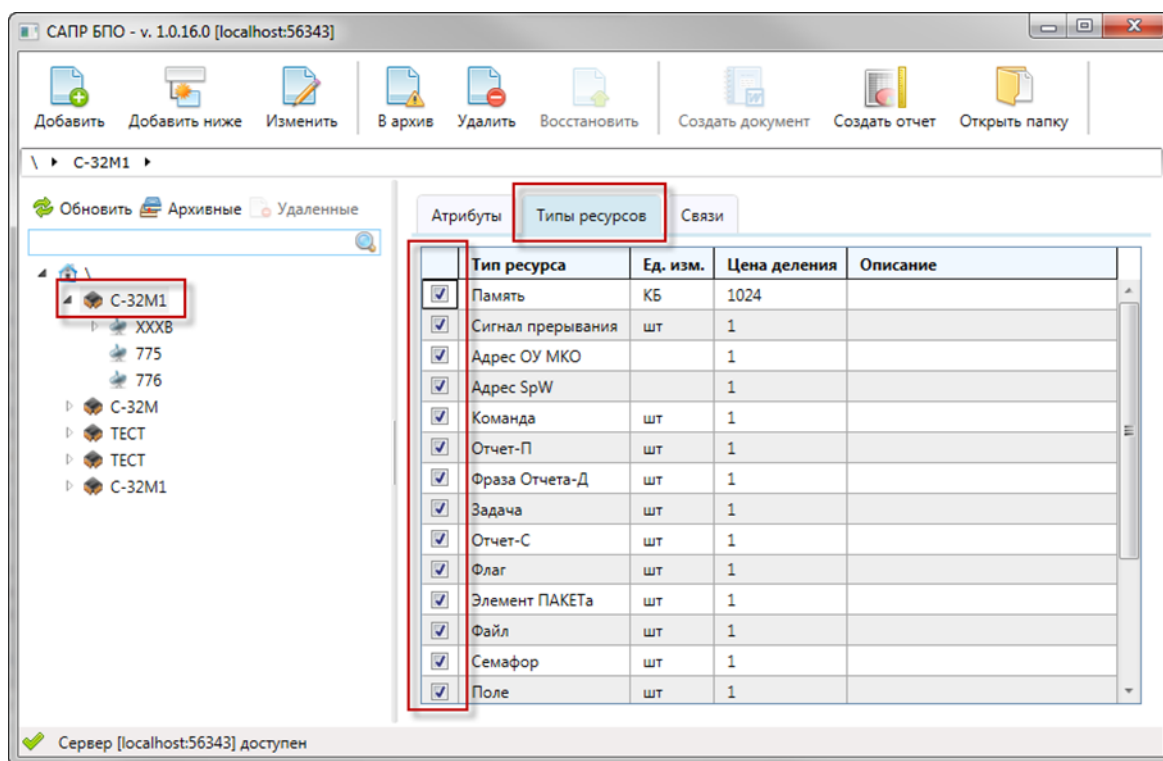


Figure 14 – Choosing of the resource type to the platform

The user can interact with resources in the satellite; the user can distribute the available resource types, select ranges, set maximum values etc. Resource management of the satellite is shown in figure 15.

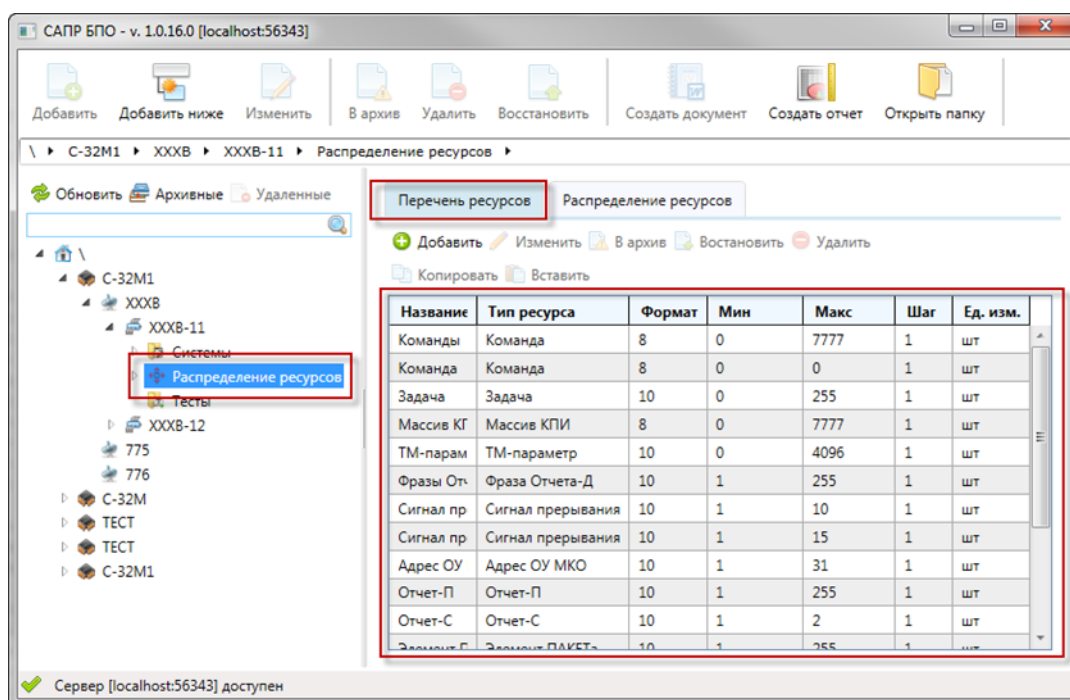


Figure 15 – Resource management of the satellite

When the user creates new range of resources he can see dialog box as shown in figure 16. In “Type” field the user can see only selected in the platform resource types.

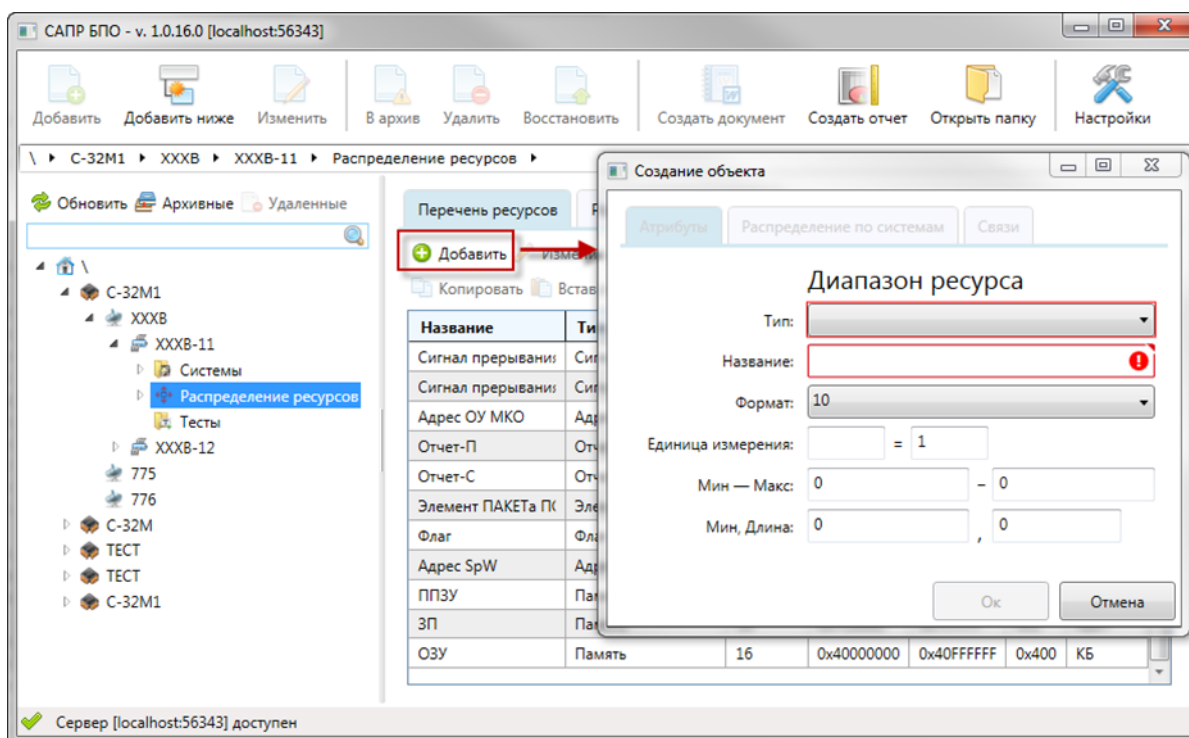


Figure 16 – The dialog box of the resource range

Next in the hierarchy is the allocation of the resources range to the system; It is only possible to selected on this system resources. Allocation of the resources is shown in figure 17.

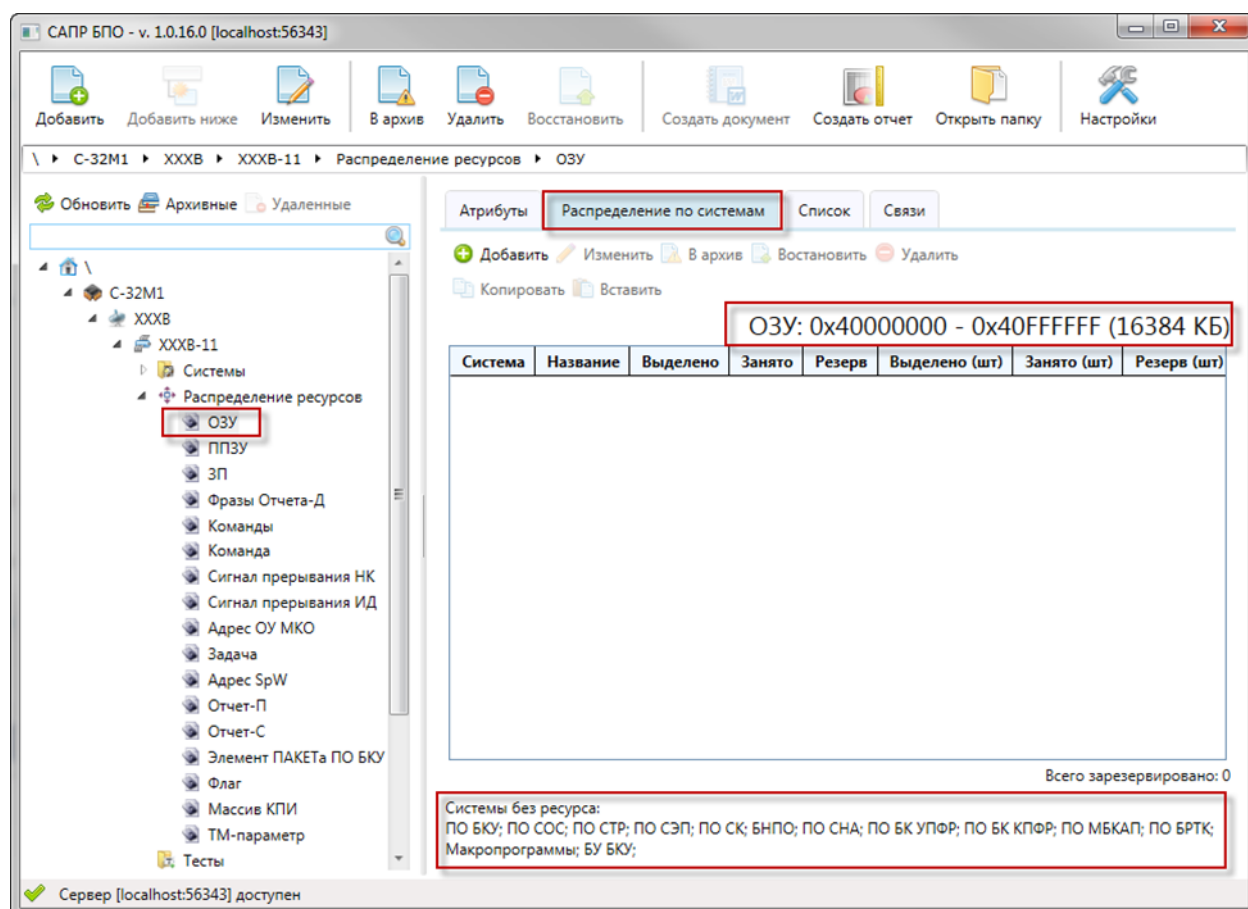


Figure 17 – Allocation of the resources

In the top part of the window the user can see distributed satellite range. In the bottom part of the window the user can see list of the systems in the satellite that don't have allocations of the resource.

4.2.5 Search for objects

The search is performed on all entities in the system. To start search the user should enter in search textbox needed line and press "Search" or "Enter" button. Search result is shown in figure 18.

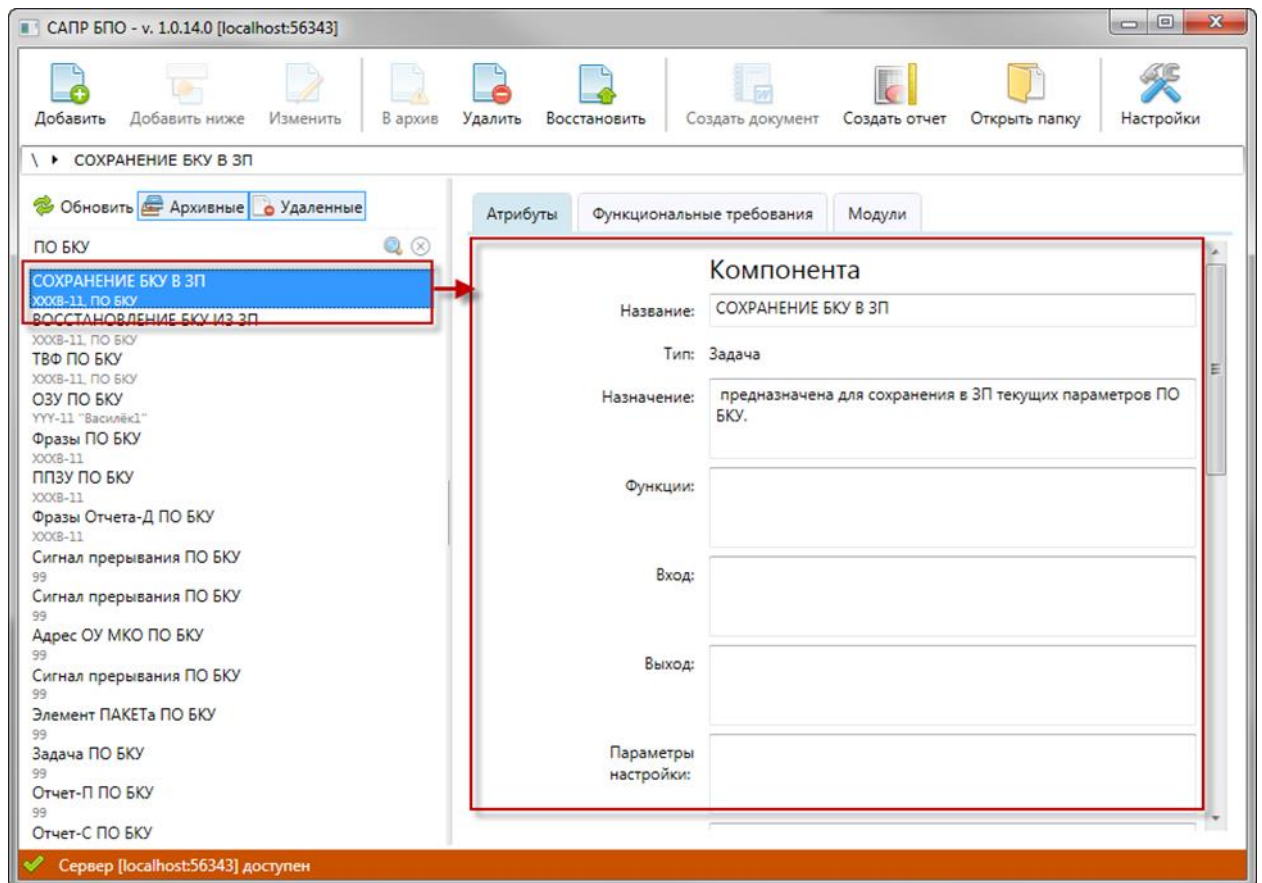


Figure 18 – Search result

In the search results the user can see the name of found entity, as well as the satellite and the system names. When the user selects a result its detailed information shows in the right part of the window. Double click on the search result will display the selected entity in the tree. If the search result cannot be select in the navigation tree then its parent will be selected.

4.2.6 Document generation

The CAD BS can generate document from the stored data by using template engine and markers. The CAD BS generates one of the following document types:

- Requirements document– to the satellite;
- Architectural project document– to the system;

The server stores pre-defined document templates, which have special keywords in the certain places enclosed in the characters %%. These keywords are

analyzed in the process of generation of documents and they will be replaced by the required data.

To generate “Requirements document” user should choose satellite in navigation tree and click “Create document”. After this user will see dialog box, that allow him to choose one out of several available templates. The list of the templates always have default template. Dialog box is shown in figure 19.

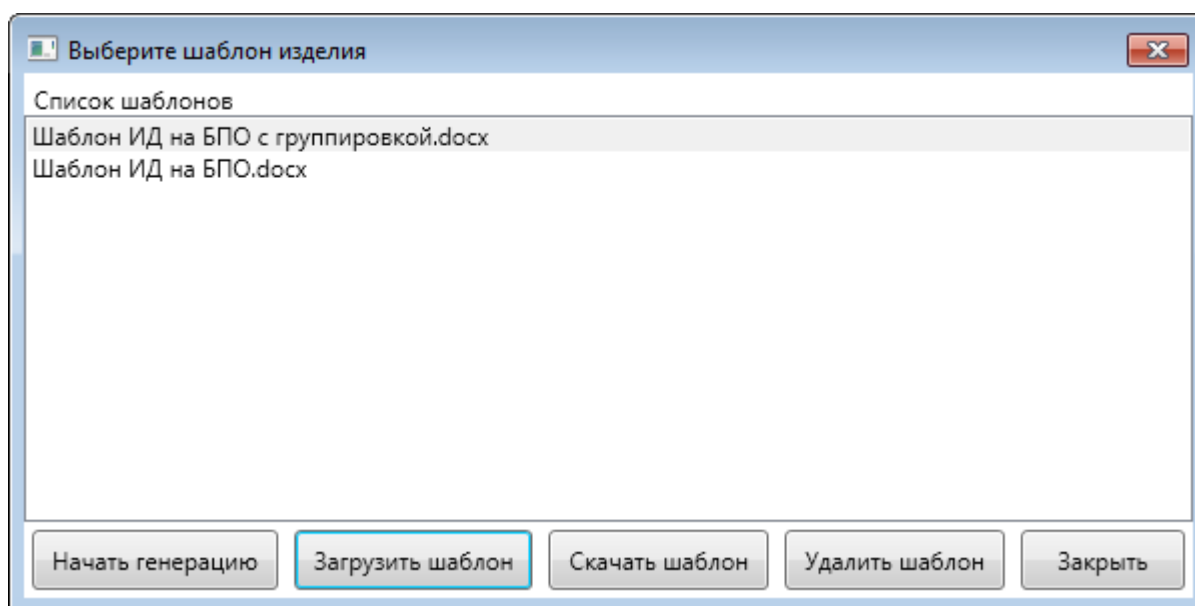


Figure 19 – Dialog box of selecting template

To add a new template to the list the user should click on “Load template” and select the path to required file in dialog box. To modify an existing template the user should click “Download template” and the selected document will be saved in the default folder. To delete a template from the server the user should click "Delete template".

After selecting required template the user should click on “Start generation”. If entity does not have required data the user will see dialog box “Blank markers” and a list of all missed markers as it is shown in figure 20.

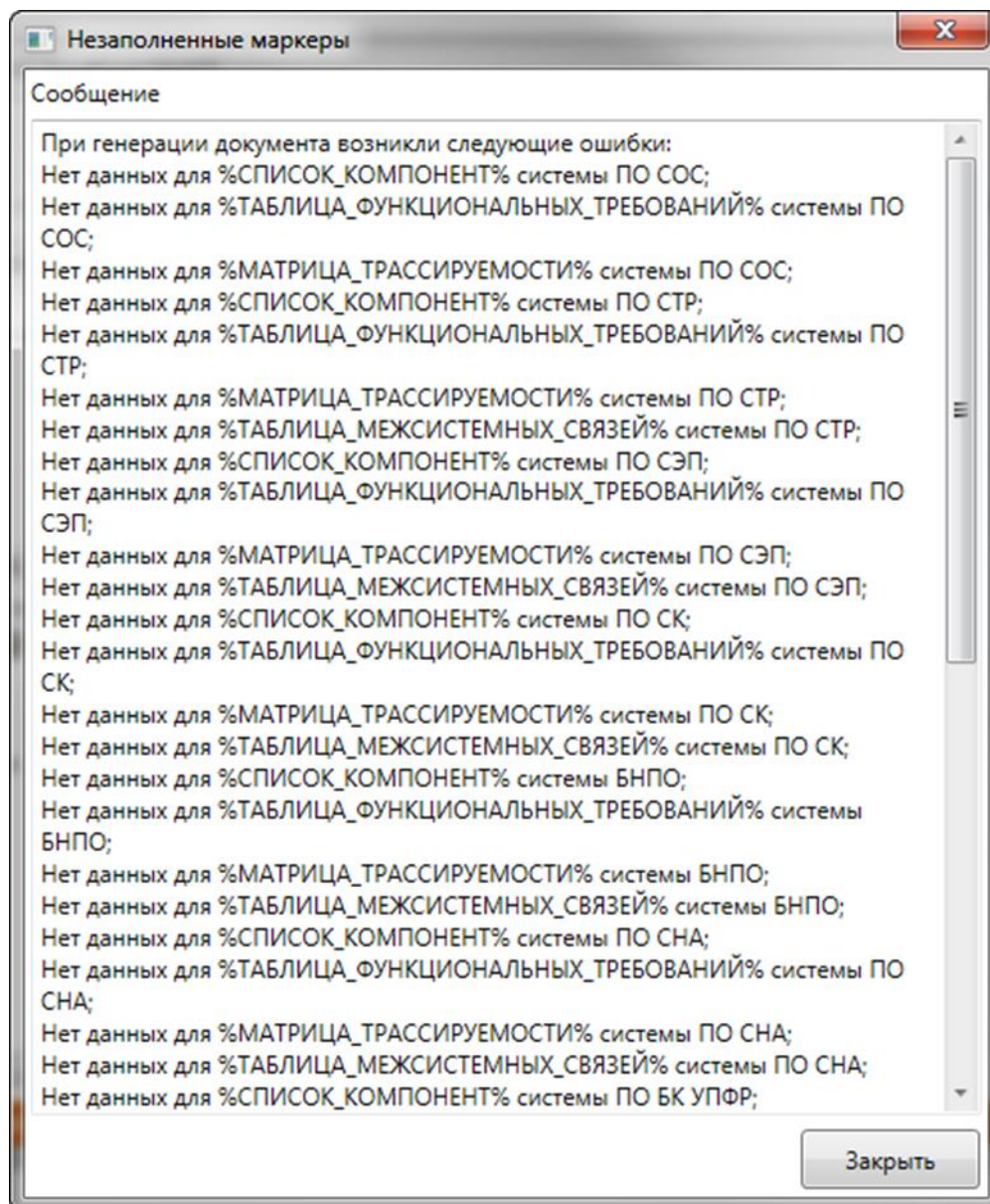


Figure 20 – “Blank markers” dialog box

After clicking on the “Close” button the user will see dialog box that allows doing the following: open the document, open a folder with the document, as shown in figure 21.

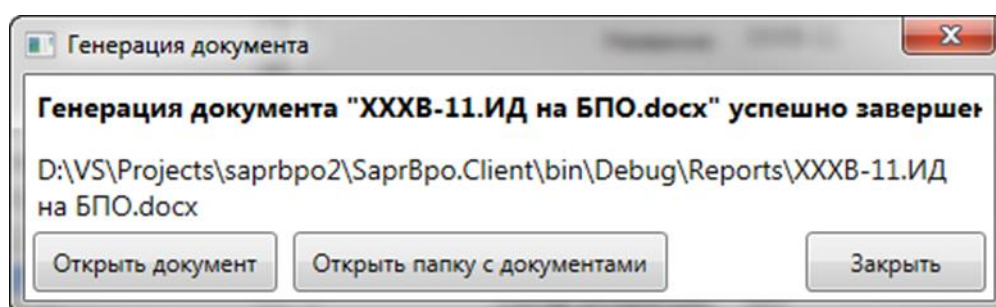


Figure 21 – Dialog box after finishing generation

If after generation of the document the user wants to go to the location of the document he can do it by clicking “Open folder” in the main toolbar.

To generate “Architectural project document” the user needs to follow the same steps as for “Requirements document”.

The CAD BS could generate statistical reports. To do it the user should click “Create report” in toolbar. Then the user needs to select the type of generated report and clicks “Create”, as it is shown in figure 22.

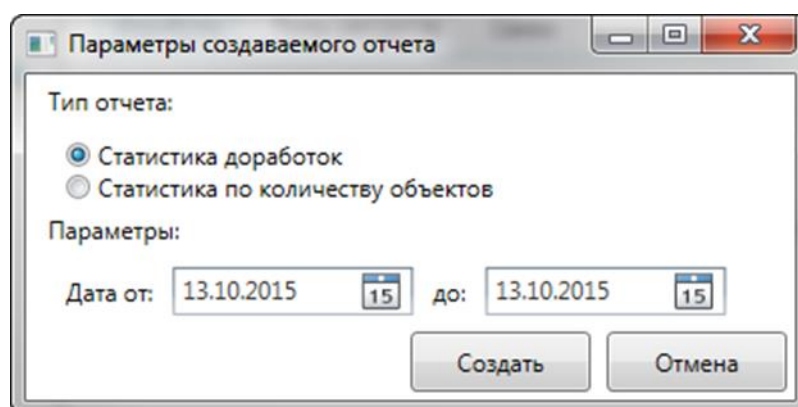


Figure 22 – Parameters of creating report

For the “Completions statistics” type of the report the user should specify the start and end dates. Report “Statistics on the number of objects” is formed over the entire period of the CAD BS work.

4.2.7 Program settings

Settings allow the user to change the general data of the application. The settings menu has two sections: dictionaries and generating of the documents. In the “Dictionaries” the user can create, edit and delete the following objects: a system type, a component type, and a package type. The management type is required to work with the main objects of the system. An example of such menu is shown in figure 23.

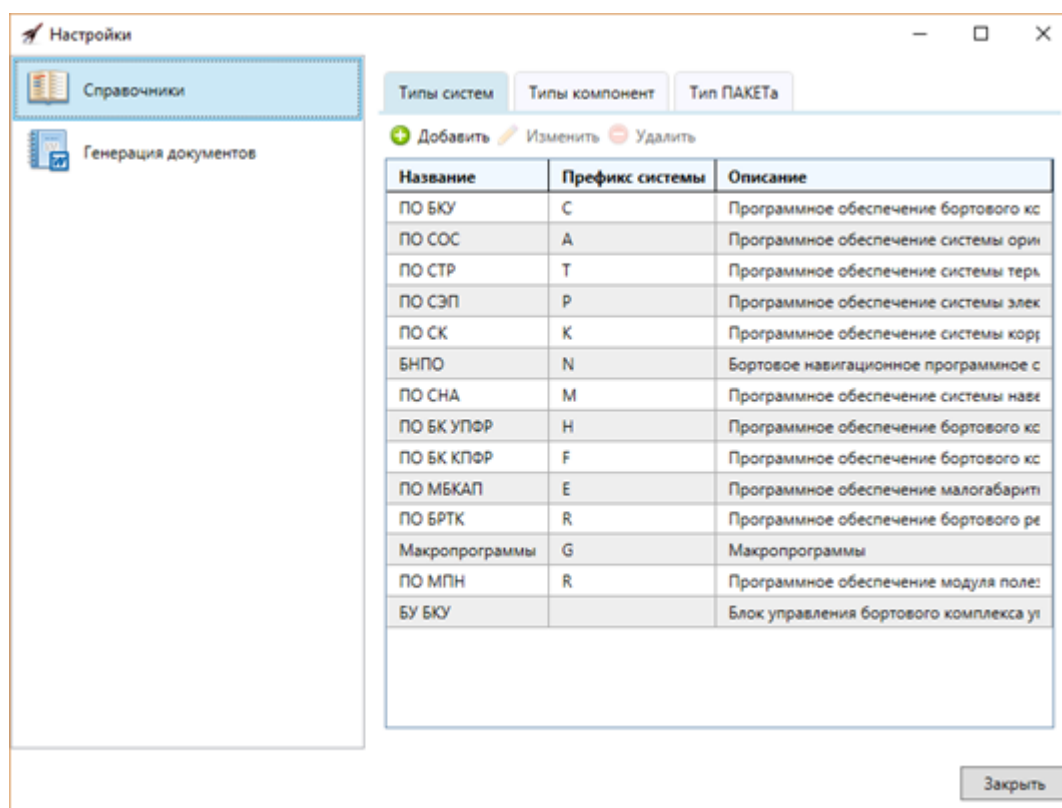


Figure 23 – “Dictionaries” window

In the “Document generating” setting the user can change the general settings and interact with the standard template of the systems and satellite. (Figure 24)

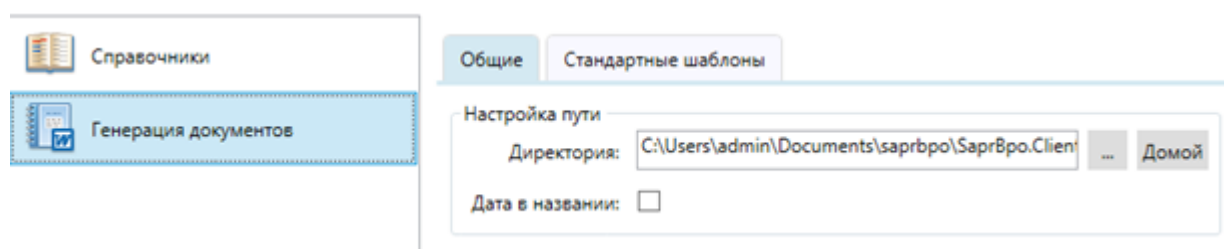


Figure 24 – General settings of the “Document generating”

The directory field specifies the path to the desired folder. To change the path the user needs to click on “...”. When the user clicks “Home” button the application chooses its current place on the disk as a folder to store the generated documents.

The checkbox "Date in the title" allows the user to add the current date in the name of the generated documents.

In the “Standard templates” tab, the user can download an existing template for each document type to change it, as well as to replace the default template by downloading a new version of the file, this window is shown in figure 25.

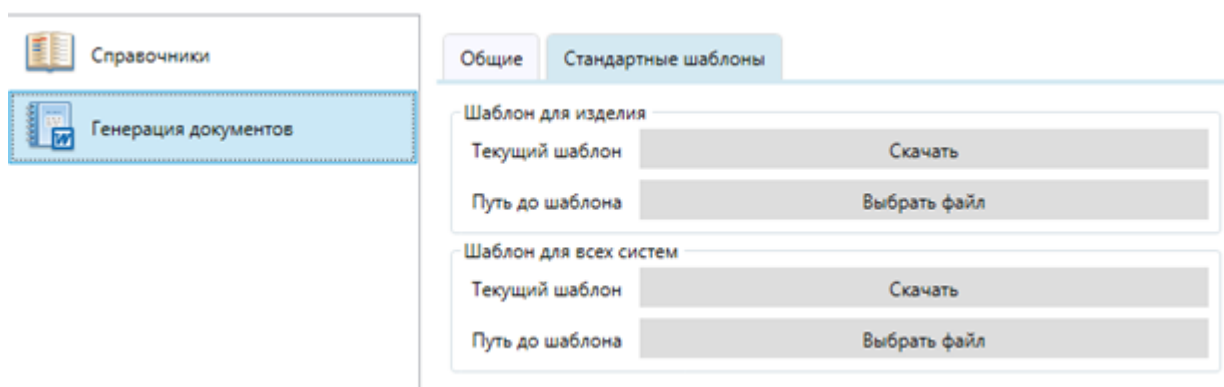


Figure 25 – Standard template of the documents